Allgemeine Einführung

von T. H. Huxley.

Deutsch von O. Schmidt.

Digitized by Google

LELAND·STANFORD·JVNIOR·VNIVERSITY

830.8
N285
no.11

Digitized by Google

Naturwissenschaftliche Elementarbücher.

Preis jeder Nummer kartoniert 80 Pfg., in Leinwand gebunden ℳ 1.—.

1. **Chemie** von H. E. Roscoe, Mitglied der königlichen Gesellschaft in London. Deutsche Ausgabe, besorgt von F. Rose, Prof. der Chemie an der Universität Straßburg. Mit 36 Abbild. und einem Anhang von Fragen und Aufgaben. 7. Auflage.
2. **Physik** von Balfour Stewart, Professor der Physik in Manchester. Deutsche Ausgabe, besorgt von E. Warburg, Professor der Physik an der Universität Berlin. Mit 48 Abbildungen. 6. verbesserte Auflage.
3. **Astronomie** von Norman Lockyer, Mitglied der königlichen Gesellschaft in London. Deutsche Ausgabe, besorgt von A. Winnecke. Durchgesehen von E. Becker, Professor und Direktor der Kais. Univ.-Sternwarte zu Straßburg. Mit 47 Abbildungen. 7. durchaus umgearbeitete Auflage.
4. **Physikalische Geographie** von A. Geikie, Prof. der Geologie an der Universität Edinburgh. Deutsche Ausgabe, besorgt von Oskar Schmidt, weiland Prof. an der Universität Straßburg. Nach der neuesten englischen Ausgabe bearbeitet von Georg Gerland, Prof. d. Geographie an der Universität Straßburg. 6. verbesserte und vermehrte Auflage. Mit 21 Abbild. und einem Anhang von Fragen und Aufgaben.
5. **Geologie** von A. Geikie. Deutsche Ausgabe, besorgt von Oskar Schmidt. Mit 47 Abbildungen und einem Anhang von Fragen und Aufgaben. 6. Auflage.
6. 7. **Tierkunde** von A. Goette, Prof. d. Zoologie an der Universität Straßburg. Mit 65 Abbildungen. 2. durchgesehene Auflage.
8. **Botanik** von A. de Bary, weiland Prof. an der Universität Straßburg. Neu herausgegeben von H. Graf zu Solms-Laubach, Prof. an der Universität Straßburg. Mit 43 Abbild. 5. unveränderte Auflage.
9. **Mineralogie** von Karl F. Peters, Prof. der Mineralogie und Geologie an der Universität Graz. Mit 46 Abbild. Durchgesehen von H. Bücking, Prof. der Mineralogie an der Universität Straßburg. 4. unveränderte Auflage.
10. **Physiologie** von M. Foster, Professor an der Universität Cambridge. Deutsche Ausgabe von J. Rich. Ewald, Professor an der Universität Straßburg. Mit 19 Abbildungen. 3. neu durchgesehene Auflage.
11. **Allgemeine Einführung in die Naturwissenschaften** von T. H. Huxley. Deutsche Ausgabe von Oskar Schmidt. Durchgesehen von Paul Hensel, a.-o. Prof. an der Univ. Heidelberg. 4. Auflage.

Digitized by Google

Naturwissenschaftliche Elementarbücher.

Allgemeine Einführung in die Naturwissenschaften

von

T. H. Huxley.

Deutsche Ausgabe

von

Oskar Schmidt,

weiland Professor an der Universität Straßburg.

Durchgesehen von

Paul Hensel,

a. o. Professor an der Universität Heidelberg.

Vierte Auflage.

Straßburg.
Verlag von Karl J. Trübner.
1902.

Digitized by Google

Druck von M. DuMont-Schauberg, Straßburg.

136500

Digitized by Google

Inhalt.

I. Natur und Wissenschaft.

Seite

Abschnitt 1. Empfindungen und Dinge 1
— 2. Ursachen und Wirkungen 2
— 3. Die Frage nach dem „Warum?“ Was heißt „erklären“? 2
— 4. Eigenschaften und Kräfte 4
— 5. Künstliche und natürliche Gegenstände. Natur 4
— 6. Künstliche Dinge sind nur natürliche Dinge, die vom Menschen geformt, zusammengefügt oder zerteilt worden sind 5
— 7. Viele Gegenstände und Verkettungen von Ursache und Wirkung in der Natur liegen außer unserm Bereich . . . 7
— 8. Die Ordnung der Natur: es geschieht nichts von ungefähr oder durch Zufall 8
— 9. Naturgesetze: Gesetze sind nicht Ursachen 10
— 10. Kenntnis der Natur ist der Führer zu zweckmäßigem Verhalten 13
— 11. Die Naturwissenschaften: Die durch Beobachtung, Versuche und Schlußfolgerung erlangte Kenntnis der Naturgesetze. 15

II. Körperliche Dinge.

A. Mineralkörper.

— 12. Wasser als natürlicher Körper . . . 18
— 13. Ein Glas Wasser 19

Digitized by Google

Seite

Abschnitt 14. Wasser nimmt Raum ein; es leistet Widerstand; es besitzt Schwere und ist fähig, empfangene Bewegung zu übertragen; es ist eine Art von Materie. 19
— 15. Wasser ist eine Flüssigkeit 20
— 16. Wasser läßt sich kaum zusammenpressen. 22
— 17. Was bedeutet „Gewicht“? 24
— 18. Schwere und Schwerkraft oder Gravitation 25
— 19. Die Ursache der Schwere: Anziehungskraft 27
— 20. Das Gewicht des Wassers steht im Verhältnis (ist proportional) zu seinem Volumen 30
— 21. Das Messen von Gewichten. Die Wage. 31
— 22. Das Gewicht derselben Menge oder Volumen Wassers bleibt gleich (constant) unter denselben Verhältnissen. Masse. Dichtigkeit 32
— 23. Gleiche Volumina von verschiedenen Dingen unter denselben Verhältnissen haben verschiedenes Gewicht. Die Dichtigkeit von verschiedenen Körpern ist verschieden 34
— 24. Die Bedeutung von schwer und leicht — spezifisches Gewicht 35
— 25. Dinge von größerem spezifischem Gewicht als Wasser sinken im Wasser unter; Dinge von geringerem spezifischem Gewicht schwimmen 36
— 26. Ein Körper, welcher im Wasser schwimmt, nimmt unter der Oberfläche des Wassers immer soviel Raum ein, als

Digitized by Google

Seite

das ihm an Gewicht gleichkommende Volumen Wasser; er verdrängt, mit anderen Worten, soviel Wasser, als sein eigenes Gewicht beträgt . . . 39

Abschnitt 27. Wasser übt nach allen Seiten hin Druck aus 40

— 28. Die Übertragung von Bewegung durch fließendes Wasser. Die lebendige Kraft des fließenden Wassers 44

— 29. Die Energie des sich bewegenden Wassers. 46

— 30. Die Eigenschaften des Wassers sind unter gleichbleibenden Verhältnissen unveränderlich (constant) 52

— 31. Zunehmende Wärme verursacht zuerst die Zunahme des Volumens des Wassers. 52

— 32. Zunehmende Wärme verwandelt das Wasser schließlich in Dampf . . . 54

— 33. Entzieht man dem Dampf die Wärme, so verwandelt er sich wieder in heißes Wasser 56

— 34. Wenn Wasser in Dampf verwandelt ist, wird sein Volumen ungefähr 1700 Mal größer, als es vorher war. . 56

— 35. Gase oder elastische Flüssigkeiten. Luft. 58

— 36. Wasserdampf ist eine elastische Flüssigkeit oder ein Gas 60

— 37. Gase und Dämpfe 60

— 38. Die Verdunstung von Wasser bei gewöhnlicher Temperatur 62

— 39. Wenn heißes Wasser abgekühlt wird, zieht es sich zuerst zusammen, dehnt sich aber nach einiger Zeit wieder aus . 64

— 40. Wenn Wasser noch mehr abgekühlt wird,

Digitized by Google

Seite

so wird es zu durchsichtigem, zerbrechlichem, festem Eise 64

Abschnitt 41. Eis hat geringeres spezifisches Gewicht als das Wasser, aus dem es entstand . 65

— 42. Frost oder Reif ist das in der Atmosphäre enthaltene gasartige Wasser, welches in Eiskristalle verwandelt worden ist 67

— 43. Wenn Eis erwärmt wird, beginnt es sich wieder in Wasser zu verwandeln, sobald es die Temperatur von 0° erreicht 68

— 44. Eis, die feste Masse, Wasser, die Flüssigkeit, und Dampf, das Gas, sind drei Formen oder Zustände eines Naturgegenstandes; die Bedingung jeder Form ist ein bestimmter Grad von Wärme 69

— 45. Die Erscheinungen der Wärme sind die Wirkungen einer rapiden, d. h. einer ungeheuer schnellen Bewegung der Teilchen der Materie 70

— 46. Die Zusammensetzung des Wassers . . 72

— 47. Vermutungen oder Hypothesen; ihre Anwendungen und ihr Wert 74

— 48. Die Hypothese, daß Wasser aus gesonderten Partikeln (Molekülen) besteht 76

— 49. Jede Materie ist wahrscheinlich entweder aus Molekülen oder aus Atomen zusammengesetzt 79

— 50. Elementare Körper werden in der Natur weder vernichtet, noch wird ihre Masse vermehrt 81

— 51. Einfache Mischung 82

Digitized by Google

Seite

Abschnitt 52. Mischung, deren Folge eine Zunahme von Dichtigkeit ist. Alkohol und Wasser 84

— 53. Lösung. Wasser löst Salz auf . . 86

— 54. Ungelöschter Kalk und Wasser: Gips und Wasser: Verbindung 90

— 55. Mineralische Körper können bestimmte Formen annehmen und durch Hinzufügung von ähnlichen Teilen wachsen oder an Größe zunehmen. 93

B. **Lebende Körper.**

— 56. Die Weizenpflanze und die Substanzen, aus denen sie zusammengesetzt ist 95

— 57. Das Huhn und die Substanzen, aus denen es zusammengesetzt ist . . 97

— 58. Gewisse Bestandteile des Körpers sind in der Weizenpflanze und in dem Huhn sehr ähnlich 98

— 59. Die Proteïnsubstanzen kommen in der Natur nur in Tieren und Pflanzen vor, und Tiere und Pflanzen enthalten immer Proteïn 100

— 60. Was bedeutet das Wort: lebend oder lebendig? 101

— 61. Die lebende Pflanze nimmt an Größe zu, indem sie den Substanzen, aus welchen sie besteht, dieselben Substanzen hinzufügt; diese werden jedoch nicht von außen empfangen, sondern in dem Körper der Pflanze aus einfacheren Materien zubereitet. 101

Digitized by Google

Seite

Abschnitt 62. Die lebende Pflanze sondert, nachdem sie ausgewachsen ist, einen Teil ihrer Substanz als Samen ab, der die Fähigkeit besitzt, sich zu einer ähnlichen Pflanze zu entwickeln . . . 103

— 63. Das lebende Tier nimmt an Größe zu, indem es den Substanzen, aus welchen sein Körper besteht, ähnliche Substanzen beifügt; dieselben werden jedoch hauptsächlich unmittelbar von anderen Tieren oder Pflanzen genommen 103

— 64. Das lebende Tier sondert, nachdem es ausgewachsen ist, einen Teil seiner Substanz als Ei ab, das die Fähigkeit besitzt, sich zu einem ähnlichen Tiere zu entwickeln 104

— 65. Lebende Körper weichen in ihrer wesentlichen Zusammensetzung, in der Art ihres Wachstums und in der Thatsache, daß sie aus Keimen entstehen, von den Mineralkörpern ab . . . 105

III. Unkörperliche Dinge.

— 66. Psychische Erscheinungen 106

— 67. Die Gesetze der psychischen Erscheinungen: Psychologie 107

Digitized by Google

Allgemeine Einführung

in die

Naturwissenschaften.

I. Natur und Wissenschaft.

1. Empfindungen und Dinge.

Im wachen Zustande nehmen wir fortwährend mit Hilfe unserer Sinne irgend etwas von der Welt wahr, in welcher wir leben und von der wir einen Teil bilden; wir sind uns fort und fort bewußt, daß wir fühlen, hören oder riechen und, wenn wir nicht im Dunkeln sind, auch sehen; von Zeit zu Zeit schmecken wir auch. Die auf solche Weise gewonnene Erkenntnis nennen wir Empfindung.

Wenn wir eine dieser Empfindungen haben, so sagen wir: wir fühlen, hören, riechen, sehen oder schmecken etwas. Ein bestimmter Geruch veranlaßt uns zu der Bemerkung, daß wir Zwiebeln riechen; ein bestimmter Geschmack, daß wir Äpfel schmecken; ein bestimmtes Geräusch, daß wir einen Wagen hören; eine bestimmte Erscheinung vor unseren Augen, daß wir einen Baum sehen, und das, was wir so mit Hilfe unserer Sinne bemerken, nennen wir ein Ding oder einen Gegenstand.

Digitized by Google

2. Ursachen und Wirkungen.

Wir sagen ferner von allen diesen Dingen oder Gegenständen, daß sie die Ursachen der eben besprochenen Empfindungen sind, und die Empfindungen sind die Wirkungen dieser Ursachen. Zum Beispiel: Wenn wir ein bestimmtes Geräusch hören, sagen wir, es wird durch einen vorüberfahrenden Wagen verursacht, oder daß es die Wirkung eines vorüberfahrenden Wagens ist. Wenn wir einen Brandgeruch gewahr werden, halten wir ihn für die Wirkung eines brennenden Gegenstandes und sehen uns ängstlich nach der Ursache des Geruches um. Sehen wir einen Baum, so glauben wir, daß ein Ding oder Gegenstand vorhanden ist, der die Erscheinung in unserem Gesichtsfelde verursacht.

3. Die Frage nach dem „Warum"? Was heißt „erklären"?

Was den Brandgeruch betrifft, so sagen wir, wenn wir wirklich ein Feuer entdeckt haben: entweder, wir haben die Ursache des Geruches erkannt oder wir haben den Grund herausgefunden, warum ein Brandgeruch wahrnehmbar ist, mit anderen Worten: wir haben ihn erklärt. Somit heißt das „Warum?" eines Dinges wissen oder es erklären, so viel als sei... Ursache zu wissen. Aber das, was die Ursache eines Dinges ist, ist die Wirkung eines anderen. Nehmen wir an, wir finden, daß rauchendes Stroh die Ursache des Brandgeruches ist, so fragen wir sofort, wodurch es in Brand geriet, oder, was das Brennen verur-

Digitized by Google

sacht hat. Vielleicht finden wir, daß ein angebranntes Streichholz in das Stroh geworfen worden ist und dann sagen wir, das angebrannte Streichholz war die Ursache des Feuers. Ein Streichholz könnte sich aber nicht dort befinden, wenn es nicht von jemand dorthin gethan worden wäre. Das heißt also, das Vorhandensein des Streichholzes ist eine Wirkung, welche jemand als Ursache hervorgebracht hat. Nun fragen wir: warum that jemand das Streichholz dorthin? Geschah es aus Unachtsamkeit, oder that es jene Person mit Absicht? Und wenn letzteres der Fall war, was war das Motiv oder die Ursache, welche sie dazu veranlaßte? Und was berechtigte sie ein solches Motiv zu haben? Es ist klar, daß sich eine unendliche Reihe solcher Fragen aufwerfen ließe, von denen eine aus der andern folgt.

So glauben wir, daß alles die Wirkung einer vorangegangenen Ursache ist, welche ihrerseits wieder die Wirkung einer anderen Ursache ist und so fort, durch eine Kette von Ursachen und Wirkungen, die so weit zurückgeht, als wir Lust haben, sie zu verfolgen. Jede Sache ist erklärt, sobald wir ihre Ursache, warum sie vorhanden ist, entdeckt haben. Die Erklärung ist erschöpfender, wenn wir die Ursache dieser Ursache auffinden können, und je weiter wir die Kette der Ursachen und Wirkungen verfolgen können, desto mehr befriedigt uns die Erklärung. Keine Erklärung einer Sache kann jedoch ganz erschöpfend sein, weil das menschliche Wissen im besten Falle nur eine sehr geringe Strecke zum Anfang aller Dinge hin zurückgehen kann.

Digitized by Google

4. Eigenschaften und Kräfte.

Wenn ein Gegenstand immer eine besondere Wirkung verursacht, so nennen wir diese Wirkung manchmal eine Eigenschaft, manchmal eine Kraft des Gegenstandes. So sagt man: der Geruch von Zwiebeln ist eine Eigenschaft derselben, weil Zwiebeln immer diesen eigentümlichen Geruch verursachen, wenn sie in die Nähe der Nase gebracht werden. Blei besitzt die Eigenschaft der Schwere, weil es in uns immer das Gefühl einer Last verursacht, wenn wir es in die Hand nehmen. Ein Strom hat die Kraft, ein Mühlenrad zu bewegen, weil er die Drehung des Rades verursacht, und eine giftige Schlange besitzt die Kraft, einen Menschen zu töten, weil ihr Biß den Tod eines Menschen verursachen kann. Eigenschaften und Kräfte sind also gewisse Wirkungen, von den Gegenständen verursacht, welche dieselben besitzen.

5. Künstliche und natürliche Gegenstände. Natur.

Eine große Anzahl der Gegenstände, die wir mit Hilfe unserer Sinne wahrnehmen, wie z. B. Häuser und Hausgeräte, Wagen und Maschinen, werden künstliche Dinge oder Gegenstände genannt, weil sie durch die Geschicklichkeit oder Kunst des Menschen geformt worden sind, ja für gewöhnlich nennt man sie von Menschen gemacht. Aber eine weit größere Anzahl von Dingen verdankt der Hand des Menschen gar nichts und sie würden sein, was sie sind, auch wenn es keine Menschen gäbe, so z. B. der Himmel und die Wolken, Sonne, Mond und

Digitized by Google

Sterne, das Meer mit seinen Klippen und den steinigen oder sandigen Ufern, die Hügel und Thäler des Festlandes, sowie alle wilden Tiere und Pflanzen. Derartige Dinge werden natürliche Gegenstände genannt, und in ihrer Gesamtheit mit dem Namen Natur bezeichnet.

6. Künstliche Dinge sind nur natürliche Dinge, die vom Menschen geformt, zusammengefügt oder zerteilt worden sind.

Obgleich diese Unterscheidung zwischen Natur und Kunst, zwischen natürlichen und künstlichen Dingen, sehr leicht gemacht und höchst bequem ist, dürfen wir doch nicht vergessen, daß wir im Grunde alles der Natur verdanken; daß selbst jene künstlichen Gegenstände, welche wir gewöhnlich als von Menschenhand verfertigt bezeichnen, nur natürliche Gegenstände sind, die der Mensch umgeformt und verändert hat, und daß der Mensch nichts erschaffen kann, d. h. nichts hervorbringen, was nicht schon in irgendwelcher Form vorher dagewesen ist. Auch dürfen wir nicht vergessen, daß wenn der Mensch natürliche Gegenstände umformt, zusammenfügt oder zerteilt, er es nur auf Grund solcher Kräfte thut, die jenen als natürlichen Gegenständen angehören.

Künstliche Dinge sind im Grunde alle diejenigen, welche der Teil der Natur, den wir Menschheit nennen, durch seine Einwirkung auf die übrigen Teile hervorbringt.

Digitized by Google

Wir sprechen von der „Anfertigung“ einer Kiste, was auch ganz richtig ist, wenn wir damit nur sagen wollen, daß wir die Bretter geformt und zusammengenagelt haben; das Holz ist aber ein natürlicher Gegenstand, sowie auch das Eisen der Nägel. Eine Uhr ist aus den natürlichen Gegenständen, Gold und andern Metallen, Sand, Soda und Rubinen „angefertigt“, die auf verschiedene Weise geformt und zusammengefügt worden sind. Kleidungsstücke werden aus den natürlichen Gegenständen, Wolle, Baumwolle oder Seide „angefertigt“, und die Menschen, welche alle diese Dinge anfertigen, sind auch natürliche Gegenstände.

Tischler, Maurer, Schuhmacher und alle übrigen Handwerker und Künstler sind Leute, welche so viel von den Kräften und Eigenschaften gewisser natürlicher Gegenstände und von der Verkettung von Ursachen und Wirkungen in der Natur gelernt haben, daß sie dadurch befähigt sind, diese natürlichen Gegenstände zusammenzusetzen und umzuformen und sie den Menschen nutzbar zu machen.

Ein Tischler könnte nicht einen Stuhl „anfertigen“, wie wir es bezeichnen, wenn er nicht etwas über die Eigenschaften und Kräfte des Holzes wüßte. Ein Hufschmied kann kein Hufeisen „anfertigen“, wenn er nicht weiß, daß Eisen die Eigenschaft hat, weich zu werden und sich leicht in eine Form hämmern zu lassen, wenn man es rotglühend macht. Der Ziegelbrenner muß viele Eigenschaften des Lehmes kennen, und der Klempner könnte seine Arbeit nicht ausführen, wenn er nicht wüßte, daß Weichheit und Dehnbarkeit dem Blei eigentümlich

Digitized by Google

sind, und daß es schon bei mäßiger Hitze schmilzt. Die Ausübung jedes Gewerbes setzt also eine gewisse Kenntnis natürlicher Ursachen und Wirkungen voraus, und die Vervollkommnung der Gewerbe hängt davon ab, daß wir mehr und mehr über die Eigenschaften und Kräfte der natürlichen Gegenstände lernen, und entdecken, wie wir die Eigenschaften und Kräfte der Dinge und die Beziehungen von Ursache und Wirkung zwischen ihnen zu unserm eigenen Vorteile anwenden können.

7. Viele Gegenstände und Verkettungen von Ursache und Wirkung in der Natur liegen außer unserm Bereich.

Unter den natürlichen Gegenständen giebt es, wie wir gesehen haben, viele, über die wir verfügen und zu unserm Nutzen anwenden können. Aber den mächtigsten Dingen in der Natur und den Gliedern von Ursache und Wirkung, welche sie verbinden, stehen wir gänzlich machtlos gegenüber. Die Sonne geht auf und unter; der Mond und die Sterne bewegen sich am Himmel fort; schönes Wetter und Stürme, Kälte und Hitze wechseln ab; das Meer ist heftig bewegt oder ruhig und spiegelglatt, je nachdem der Wind stürmisch darüber braust oder sich legt; unzählige Pflanzen und Tiere entstehen und vergehen, ohne daß wir den geringsten Einfluß auf das majestätische Dahinschreiten großer Naturerscheinungen ausüben können; Stürme verheeren die eine Gegend, Erdbeben zerstören eine andere, und vulkanische Ausbrüche verwüsten eine dritte; ein gutes Jahr spendet hier Überfluß und Wohlhabenheit, während dort eine andauernde Trockenheit Hunger und

Digitized by Google

Seuchen bringt. In allen diesen Fällen ist ein unmittelbares Eingreifen des Menschen ganz erfolglos und so lange er unwissend ist, ist er der bloße Spielball der größeren Naturkräfte.

8. Die Ordnung der Natur: es geschieht nichts von ungefähr oder durch Zufall.

Das erste, was die Menschen lernten, als sie begannen die Natur sorgfältig zu beobachten, war, daß einige Ereignisse in regelmäßiger Ordnung stattfinden, und daß manche Ursachen immer dieselbe Wirkung hervorbringen. Die Sonne geht immer an einer Seite des Himmels auf und an der anderen unter; die Mondwechsel folgen in derselben Weise und in gleichmäßigen Zwischenräumen auf einander; manche Sterne sinken nie unter den Horizont der Gegend, in welcher wir leben; die Jahreszeiten sind mehr oder weniger regelmäßig; Wasser fließt stets bergab; Feuer ist immer heiß; Pflanzen wachsen aus Samen und bringen neuen Samen hervor, aus dem wieder dieselbe Pflanzenart wächst; Tiere werden geboren, wachsen, erreichen das Alter der Reife und sterben Jahrhundert auf Jahrhundert in derselben Weise. So kam der Mensch allmählich zu der Annahme einer Ordnung der Natur, einer Beständigkeit in dem Verhältnis von Ursache und Wirkung der Dinge. Man hielt Dinge für erklärt, wenn man eine solche Ordnung nachweisen konnte, während man von Dingen, die man nicht erklären konnte, sagte, sie wären von ungefähr oder durch Zufall entstanden.

Digitized by Google

Aber je sorgfältiger die Natur beobachtet wurde, desto mehr fand man Ordnung vorherrschend, und die anscheinende Unordnung erwies sich nur als eine schwerer erkennbare Ordnung; heutigen Tags ist niemand so thöricht, zu glauben, daß irgend etwas von ungefähr geschieht, oder daß es wirklich Zufall d. h. Ereignisse giebt, welche keine Ursache haben. Wenn wir sagen, es geschieht etwas durch Zufall, so giebt jedermann zu, daß wir damit nur sagen wollen, wir wissen die Ursache oder den Grund nicht, warum dieses besondere Ereignis stattfindet. Ungefähr und Zufall sind nur umschreibende Bezeichnungen unserer Unwissenheit. In diesem Augenblick, während ich zum Fenster hinaussehe, regnet und stürmt es heftig, und die Zweige der Bäume bewegen sich wild hin und her. Es kann sein, daß ein Mann unter einem dieser Bäume Schutz gesucht hat, vielleicht kommt ein stärkerer Windstoß als gewöhnlich, es bricht ein Ast, fällt auf den Mann und verletzt ihn gefährlich. Wenn das geschieht, wird es ein „Zufall" genannt werden, der Mann sagt vielleicht, er ging „zufällig" aus, suchte „zufällig" unter dem Baume Schutz und so geschah der „Zufall". In dem Ereignis liegt jedoch kein Zufall. Der Sturm ist die Wirkung von Ursachen, die vielleicht hundert Meilen entfernt auf die Atmosphäre einwirken. Jedes Zittern eines Blattes ist die Folge der mechanischen Kraft, welche der Wind auf die derselben ausgesetzte Oberfläche ausübt. Wenn der Ast bricht, so geschieht es infolge des Zusammenhanges zwischen seiner Kraft und der Stärke des Windes, und die Stellung des

Digitized by Google

Mannes' unter dem Baume ist nur das letzte Glied der Kette von Ursachen und Wirkungen, die in natürlicher Ordnung auf einander gefolgt sind, sein Ausgang war die Wirkung einer Ursache und bewirkte seinerseits, daß er unter dem Baume Schutz suchte.

Aber so lange wir nicht weise genug sind, diese verwickelte Folge von Ursachen und Wirkungen zu entwirren, welche zu dem Fall des Astes auf den Mann führte, nennen wir ein solches Ereignis einen Zufall.

9. Naturgesetze. Gesetze sind nicht Ursachen.

Wenn wir durch sorgfältige und wiederholte Beobachtung zu der Gewißheit gelangt sind, daß etwas immer die Ursache einer bestimmten Wirkung ist, oder daß gewisse Ereignisse immer in derselben Ordnung vor sich gehen, so sprechen wir von der auf diese Weise entdeckten Wahrheit als von einem Naturgesetz. So ist es ein Naturgesetz, daß jeder schwere Gegenstand zur Erde fällt, wenn er keinen Stützpunkt hat; es ist ein Naturgesetz, daß Blei im gewöhnlichen Zustande weich und schwer ist, während Feuerstein hart und zerbrechlich ist, weil uns die Erfahrung lehrt, daß schwere Gegenstände ohne Stützpunkt immer zur Erde fallen, daß Blei im gewöhnlichen Zustande immer weich und Feuerstein immer hart ist.

Wir können in der That alles, was wir über die Kräfte und Eigenschaften von Naturgegenständen und die Ordnung der Natur wissen, als Naturgesetz be-

Digitized by Google

zeichnen. Es ist jedoch wünschenswert, nicht zu vergessen, daß die Naturgesetze nicht die Ursachen der Ordnung der Natur sind, sondern daß wir nur durch diese Gesetze ausdrücken, was wir über jene Ordnung in Erfahrung gebracht haben. Steine fallen nicht infolge des eben angeführten Gesetzes zur Erde, wie man oft unüberlegt sagt, sondern das Gesetz ist Ausdruck einer Thatsache, die unfehlbar eintritt, sobald schwere Gegenstände auf der Erdoberfläche, u. a. auch Steine, sich frei bewegen können.

Die Naturgesetze gleichen in dieser Beziehung denjenigen Gesetzen, welche die Menschen selbst sich als Regel ihres gegenseitigen Verhaltens zu geben pflegen. Es giebt Gesetze über die Bezahlung von Steuern und Gesetze gegen Diebstahl oder Mord. Das Gesetz ist jedoch weder die Ursache davon, daß ein Mann seine Steuern bezahlt, noch ist es die Ursache davon, daß er nicht stiehlt oder mordet. Das Gesetz stellt einfach fest, was mit einem Manne geschehen wird, wenn er seine Steuern nicht bezahlt oder wenn er einen Diebstahl oder Mord begeht, und die Ursache davon, daß er seine Steuern bezahlt oder von einem Verbrechen absteht, ist (in Ermangelung eines edleren Antriebes) die Furcht vor den Folgen, welche Furcht die Wirkung seines Glaubens an diese Bestimmung des Gesetzes ist. Ein menschliches Gesetz sagt uns, was die menschliche Gesellschaft unter gewissen Verhältnissen thun wird, während ein Naturgesetz uns sagt, was Naturgegenstände unter gewissen Verhältnissen thun werden. Jedes der beiden enthält Be-

Digitized by Google

lehrung, die sich an unseren Verstand wendet und, abgesehen davon, daß es unseren Verstand beeinflußt, ist es ein bloßer Schall oder Buchstabe.

Trotzdem so viel Ähnlichkeit zwischen menschlichen Gesetzen und Naturgesetzen besteht, dürfen doch gewisse wesentliche Unterschiede zwischen den beiden nicht übersehen werden. Das menschliche Gesetz richtet seine Befehle an wollende Wesen, die ihm, je nach Gefallen, folgen oder entgegentreten können, und das Gesetz wird nicht null und nichtig, wenn es gebrochen wird. Naturgesetze hingegen sind nicht Befehle, sondern Behauptungen, welche sich auf die unveränderliche Ordnung der Natur beziehen, und sie bleiben nur so lange Gesetze, als man nachweisen kann, daß sie diese Ordnung ausdrücken. Von der Verletzung oder Aufhebung eines Naturgesetzes zu sprechen, ist Unsinn. Alles, was man damit meinen kann, ist, daß unter gewissen Verhältnissen die in dem Gesetze enthaltene Behauptung nicht wahr ist, und hieraus folgt der richtige Schluß, daß nicht die Ordnung der Natur unterbrochen worden ist, sondern daß wir bei der Feststellung dieser Ordnung einen Fehler gemacht haben. Ein wahres Naturgesetz ist eine allgemeine Regel und duldet als solche keine Ausnahmen.

Menschliche Gesetze haben außerhalb der menschlichen Gesellschaft gar keine Bedeutung. Naturgesetze sind der Ausdruck des allgemeinen Laufes der Natur, von welcher die menschliche Gesellschaft nur einen ganz unwesentlichen Bruchteil bildet.

Digitized by Google

10. Kenntnis der Natur ist der Führer zu zweckmäßigem Verhalten.

Wenn nichts durch Zufall geschieht, sondern alles in der Natur einer bestimmten Ordnung folgt, und wenn die Naturgesetze das in klaren Worten ausdrücken, was wir über die Ordnung der Natur in Erfahrung bringen konnten, so ist es für uns sehr wichtig, so viele dieser Naturgesetze, als nur möglich, kennen zu lernen, damit wir unser Verhalten darnach einrichten können.

Jedermann, der versuchen würde, in einem Lande, dessen Gesetze er nicht kennt, zu leben, würde bald in Unannehmlichkeiten geraten, und wenn er bestraft, gefangen genommen, ja selbst zum Tode verurteilt würde, würden vernünftige Leute wahrscheinlich sagen, daß er sein Schicksal durch seine Unbedachtsamkeit selbst herbeigeführt hat.

Ebenso wird jeder, welcher versucht, auf unserer Erde zu leben ohne die Naturgesetze zu beachten, nur eine kurze Zeit darauf leben, deren größten Teil er außerordentlich unbehaglich verbringen wird; denn es ist eine Eigentümlichkeit, die das Naturgesetz vom menschlichen Gesetz unterscheidet, daß ersteres ohne Vorladung oder Anklage in Wirkung tritt. Es könnte wirklich niemand auch nur einen halben Tag lang leben, wenn er nicht wenigstens einige der Naturgesetze berücksichtigte, und Tausende unter uns sterben täglich oder führen ein elendes Leben, weil die Menschen noch nicht mit genügendem Eifer im Gesetzbuche der Natur studiert haben.

Digitized by Google

Wir haben schon gesehen, daß die Ausübung aller Künste und Gewerbe von unserer Kenntnis der Eigenschaften der Naturgegenstände, welche wir erlangen und verarbeiten können, abhängt, und obgleich wir nicht im stande sein mögen, auf die größeren Naturgegenstände und die allgemeine Folge von Ursachen und Wirkungen in der Natur einen unmittelbaren Einfluß auszuüben, so vermögen wir doch, wenn wir über die Eigenschaften und Kräfte der Dinge und die gewöhnliche Folge der Ereignisse unterrichtet sind, das zu vermeiden, was uns schaden könnte, und das Vorteilbringende auszunutzen.

So kann der Mensch, obgleich er auf den Lauf der Jahreszeiten und das Wachsen der Pflanzen keinen Einfluß hat, jedoch die Ordnung der Natur in diesen Dingen kennt, sich doch mit dem Säen und Ernten darnach richten; er kann den Wind nicht veranlassen zu wehen; wenn derselbe jedoch weht, kann er aus den ihm bekannten Kräften und der wahrscheinlichen Richtung desselben Vorteile für das Segeln seiner Schiffe oder für den Betrieb seiner Windmühle ziehen; er vermag nicht den Blitz aufzuhalten, kann ihn jedoch durch Blitzableiter unschädlich machen, deren Einrichtung wiederum eine Kenntnis einiger Gesetze der Elektrizität voraussetzt, von welcher der Blitz ein Beispiel ist. Gewärtig sein heißt fertig sein, und Kenntnis von den Naturgesetzen haben heißt dessen gewärtig sein, wovon wir den Eintritt erwarten dürfen, wenn wir es mit natürlichen Gegenständen zu thun haben.

Digitized by Google

11. Die Naturwissenschaften: Die durch Beobachtung, Versuche und Schlußfolgerung erlangte Kenntnis der Naturgesetze.

Es kann weder zwischen gewöhnlicher Kenntnis und wissenschaftlicher Kenntnis der Dinge, noch zwischen gewöhnlichem und wissenschaftlichem Nachdenken eine Grenze gezogen werden. Im Grunde ist alle Kenntnis *Wissenschaft* und alles genaue Schließen wissenschaftliches Schließen. Die Methode der *Beobachtungen* und *Versuche*, durch welche in der Wissenschaft so große Erfolge erzielt worden sind, ist ganz dieselbe, welche täglich von jedermann angewendet wird, nur daß sie vervollkommneter und genauer ist. Wenn ein Kind ein neues Spielzeug bekommt, so beobachtet es dessen Eigenschaften und stellt Versuche damit an; ebenso machen wir alle fortwährend Beobachtungen und Versuche an einem oder dem andern Gegenstand.

Diejenigen, welche nie versucht haben sorgfältig zu beobachten, werden zu ihrer Überraschung finden, was für eine schwere Aufgabe dies ist. Es wird nicht eine Person unter hundert geben, die das gewöhnlichste Ereignis mit nur annähernder Genauigkeit schildern kann. Sie wird entweder etwas übergehen, was geschah und von Wichtigkeit ist, oder ein Ereignis ausdenken und hinzufügen, welches sie nicht wirklich beobachtet hat, von dem sie aber unbewußt annimmt, daß es geschehen sein muß. Widersprechen sich in einem Gerichtshofe zwei wahrheitsliebende Zeugen, so ergiebt es sich gewöhnlich, daß einer oder der andere, vielleicht auch beide ihre Schlüsse aus dem, was sie zu sehen meinten, zogen und

Digitized by Google

nicht aus dem, was sie thatsächlich sahen. A. schwört, daß B. ihm etwas aus seiner Tasche gestohlen hat. Es ergiebt sich, daß A. nur B. in seiner unmittelbaren Nähe bemerkte, als er eine Hand in seiner Tasche fühlte, und daß nicht B. der Dieb war, sondern C., welchen A. überhaupt nicht gesehen hatte. Ungeübte Beobachter vermischen das, was sie zu sehen meinen und was sie thatsächlich sehen, in auffallendster Weise, und selbst erfahrene und aufmerksame Beobachter laufen fortwährend Gefahr, in denselben Fehler zu verfallen.

Wissenschaftliche Beobachtung ist solche, die sowohl genau und erschöpfend, als auch frei von unbewußten Schlüssen ist.

Versuche sind die Beobachtungen dessen, was geschieht, wenn wir absichtlich Naturgegenstände vereinigen, trennen oder in irgend einer Weise die Bedingungen, unter denen sie existieren, verändern. Ein wissenschaftlicher Versuch (Experiment) ist daher eine, unter genau bekannten, künstlichen Bedingungen ausgeführte wissenschaftliche Beobachtung.

Daß Wasser manchmal gefriert, ist eine ganz gewöhnliche Beobachtung. Die Beobachtung wird wissenschaftlich, wenn wir feststellen, unter welchen Bedingungen die Verwandlung des Wassers in Eis stattfindet. Die einfachsten Versuche zeigen uns, daß Holz auf dem Wasser schwimmt. Der wissenschaftliche Versuch beweist, daß das Holz, wenn es schwimmt, so viel Wasser verdrängt, als sein eigenes Gewicht beträgt.

Wissenschaftliches Schließen unterscheidet sich von gewöhnlichem Nachdenken gerade in derselben Weise, in

Digitized by Google

welcher wissenschaftliche Beobachtungen und Versuche von gewöhnlichen Beobachtungen und Versuchen abweichen; es strebt nach Genauigkeit, und es ist eben so schwer, genau zu schließen, als genau zu beobachten.

Bei wissenschaftlichem Schließen werden durch die Beobachtung vieler einzelner Fälle allgemeine Regeln gesammelt, und wenn diese Regeln festgestellt worden sind, so werden, gerade wie im alltäglichen Leben, Schlüsse daraus gezogen. Wenn ein Knabe sagt, daß Murmeln hart sind, so hat er von den Murmeln, welche er gesehen und angefühlt hat, auf die Murmeln im allgemeinen geschlossen, und hat in einer Weise nachgedacht, die mit dem technischen Ausdruck Induktion bezeichnet wird. Weist er den Versuch zurück, die Murmel mit seinen Zähnen zu zerbeißen, so geschieht dies, weil er bewußt oder unbewußt das entgegengesetzte Verfahren der Deduktion angewendet hat, er hat aus der allgemeinen Regel „Murmeln sind zu hart, um mit den Zähnen zerbissen zu werden", einen Schluß gezogen.

Über den Vorgang des Nachdenkens und Schließens belehrt die Logik gründlicher. Vorläufig genügt es, wenn wir wissen, daß die Naturgesetze allgemeine, das Verhalten von Naturgegenständen behandelnde Regeln sind, welche durch unzählige Beobachtungen und Versuche gesammelt wurden oder mit andern Worten, sie sind Induktionen von solchen Beobachtungen und Versuchen. Die praktischen und theoretischen Ergebnisse der Wissenschaft sind die Ergebnisse deduktiven Nachdenkens über diese allgemeinen Regeln.

Digitized by Google

So sind Wissenschaft und natürlicher Verstand einander nicht entgegengesetzt, wie manchmal angenommen wird, sondern Wissenschaft ist der vervollkommte natürliche Verstand. Wissenschaftliches Schließen ist einfach sehr sorgfältiges gewöhnliches Schließen, und gewöhnliche Kenntnis wird durch immer größere Genauigkeit und Vervollständigung zur wissenschaftlichen Kenntnis.

Die gewöhnliche Kenntnis ist also der Weg zur Wissenschaft; wir müssen diese Kenntnis durch sorgfältige Beobachtungen und Versuche erweitern, und lernen, die Ergebnisse unserer Forschungen in allgemeinen Regeln oder Naturgesetzen genau auszudrücken; schließlich müssen wir lernen, aus diesen Regeln klare Schlüsse zu ziehen und auf diese Weise zu vernünftigen Erklärungen der Naturerscheinungen zu gelangen, ausreichend zur Führung und Leitung unseres Lebens.

II. Körperliche Dinge.

A. Mineralkörper.

12. Wasser als natürlicher Körper.

Einer der gewöhnlichsten der gewöhnlichen Naturgegenstände ist Wasser; jedermann wendet es täglich auf die eine oder andere Weise an und jedermann besitzt demgemäß gewisse unklare, gewöhnliche Kenntnisse darüber; höchst wahrscheinlich hat jedoch der Besitzer dieser Kenntnisse nie wirklich über sie nachgedacht, und diejenigen, welche nie zu lernen versucht haben, wie viel man über das Wasser wissen kann, werden natürlich über eine große Anzahl seiner Kräfte

Digitized by Google

und Eigenschaften und über die Naturgesetze, die es erläutert, in Unwissenheit bleiben. Infolgedessen werden sie unfähig sein, eine Menge von Dingen deren Erklärung so leicht ist, zu verstehen. So wollen wir denn die Naturwissenschaften mit der Untersuchung des Wassers beginnen.

13. Ein Glas Wasser.

Nehmen wir an, wir haben ein Glas halb voll Wasser. Das Glas ist ein künstlich hervorgebrachter Gegenstand (siehe Abschnitt 5), das heißt, gewisse Naturgegenstände sind vereinigt und erhitzt worden, bis sie in Glasmasse zerschmolzen sind, und diese Glasmasse ist von einem Arbeiter geformt worden. Das Wasser hingegen ist ein natürlicher Körper, welcher aus einem Flusse, Teich oder einer Quelle kommt; auch kann es aus einem Wasserfaß stammen, in dem sich der vom Dache tropfende Regen gesammelt hat.

Das Wasser besitzt eine große Anzahl von Eigentümlichkeiten. Es ist z. B. durchsichtig, kühl, es löscht den Durst und löst Zucker auf. Dieses sind jedoch nicht die Eigenschaften, mit welchen wir am passendsten beginnen.

14. Wasser nimmt Raum ein; es leistet Widerstand; es besitzt Schwere und ist fähig, empfangene Bewegung zu übertragen; es ist eine Art von Materie.

Das Wasser füllt, wie wir sehen, das Glas bis zur Hälfte; es nimmt also so viel Raum ein oder hat so viel Umfang oder Volumen.

Senken wir das geschlossene Ende eines fast gleich großen Glases in das erste, so finden wir, daß wenn

Digitized by Google

es das Wasser erreicht, letzteres sich seinem Weitersinken widersetzt, und wenn das Wasser keinen Ausweg finden kann, so kann das zweite Glas nicht weiter hinunter. Jedermann, der aus einiger Höhe ins Wasser fällt, wird, wenn er es erreicht, einen heftigen Schlag empfinden. Das Wasser leistet also Widerstand.

Haben wir das Wasser ausgegossen, so erscheint uns das Glas viel leichter als vorher; das Wasser besitzt also Schwere.

Und wenn wir schließlich das Wasser aus dem Glase gegen einen nur leicht gestützten Gegenstand schleuderten, so würde das Wasser denselben, wenn es ihn berührt, umwerfen. Das heißt also, das in Bewegung gesetzte Wasser kann diese Bewegung auf etwas anderes übertragen. Alle diese Erscheinungen oder Phänomene, wie Dinge, die in der Natur vor sich gehen, oft genannt werden, sind Wirkungen, deren Ursache unter den oben erwähnten Bedingungen das Wasser ist; wir können sie daher als Eigenschaften (§ 4) des Wassers bezeichnen.

Alle Dinge, welche Raum einnehmen, Schwere besitzen und wenn sie andere Dinge berühren, auf dieselben ihre Bewegung übertragen, werden körperliche Substanzen oder einfach Materie genannt. Wasser ist also eine Art oder Form von Materie.

15. Wasser ist eine Flüssigkeit.

Auf den ersten Blick sieht man, daß Wasser, trotzdem es Raum einnimmt, doch keine ausgeprägte Gestalt hat, sondern sich genau der Form des Gefäßes,

Digitized by Google

in dem es sich befindet, anpaßt. Ist das Glas rund, so wird der Umriß der Oberfläche des Wassers kreisrund sein, solange wir das Glas gerade halten; halten wir jedoch das Glas schief, so nimmt die Wasserfläche eine ovale Gestalt an; was für eine Form auch das Gefäß haben mag, in welches wir das Wasser gießen, immer passen sich die Wasserflächen genau den Flächen des Gefäßes an. Wenn wir unsern Finger in das Wasser stecken, so können wir ihn nach allen Seiten hin bewegen und fühlen kaum ein Hindernis. Ziehen wir unseren Finger wieder heraus, so bleibt kein Loch, das Wasser strömt von allen Seiten zusammen, um den bisher vom Finger eingenommenen Raum auszufüllen. Wir können nicht eine Hand voll Wasser aufheben, denn es fließt zwischen unsern Fingern hindurch und läßt sich nicht in einen Klumpen formen. Alles dies zeigt, daß sich die Wasserteile leicht über und neben einander bewegen. Dieselbe Thatsache wird verdeutlicht, wenn das Glas so schief gehalten wird, daß an einer Seite die Wasserfläche sich über den Rand des Glases erhebt und das Wasser daher an dieser Stelle vom Glase nicht gehalten wird. Das Wasser *fließt* in diesem Falle über und fällt zur Erde, wo es sich ausbreitet und zu dem niedrigsten zugänglichen Platze läuft oder allmählich in die Spalten sickert.

Obgleich die Wasserteile sich leicht trennen und auseinanderfließen, halten sie doch bis zu einem gewissen Grade zusammen. Wenn wir die Oberfläche des Wassers noch gerade mit unserm Finger berühren,

Digitized by Google

ſo hängt ſich ein wenig Waſſer an denſelben; heben wir den Finger langſam und vorſichtig, ſo wird das daran hängende Waſſer zu einer ſchlanken Säule erhoben, die eine bemerkbare Höhe erreicht, ehe ſie zerbricht. Wir können am frühen Morgen nach ſtarkem Tau das Waſſer auf Kohlblättern und Grashalmen in kugelförmigen Tropfen ſehen, deren Teile ebenfalls zuſammenhalten. Subſtanzen, deren Teile ſo beweglich ſind, daß ſie ſich genau den Wandungen der ſie enthaltenden Gefäße anpaſſen und welche fließen, wenn ſie keinen Stützpunkt haben, werden Gaſe oder elaſtiſche Flüſſigkeiten genannt, und ſolche Gaſe, deren Teilchen nicht nach allen Seiten auseinander weichen, ſondern wie die des Waſſers zuſammenhalten, heißen Flüſſigkeiten ſchlechthin oder tropfbare Flüſſigkeiten. Mithin gehört das Waſſer zur letzteren Klaſſe.

16. Waſſer läßt ſich kaum zuſammenpreſſen.

Wir haben geſehen, daß Waſſer, gleich andern körperlichen Subſtanzen dem Eindringen fremder Gegenſtände in den von ihm eingenommenen Raum widerſteht. Viele Körper können, obgleich ſie Widerſtand leiſten, doch leicht in einen engeren Raum zuſammengedrückt oder zuſammengepreßt werden. Mit dem Waſſer iſt dies jedoch nicht der Fall; denn es läßt ſich gleich andern Flüſſigkeiten kaum zuſammenpreſſen, das heißt, es iſt ein ungeheurer Druck notwendig, um ſein Volumen nur einigermaßen merklich zu vermindern. Es mag ſonderbar ſcheinen,

Digitized by Google

daß ein so nachgiebiger Stoff wie Wasser sich fast so schwer pressen läßt als Eisen; seine anscheinende Nachgiebigkeit verdankt jedoch das Wasser der Leichtigkeit, mit der es seine Gestalt verändert, und wenn wir es an dem Wechseln seiner Gestalt verhindern, so ist es sehr schwer, seine Teile näher zusammenzudrücken. Es ist festgestellt worden, daß wenn Wasser in einen geschlossenen Raum gebracht worden ist, ein Druck von 1,0333 Kilogr. auf den Quadratzentimeter sein Volumen nur um $^1/_{20000}$ vermindert. Wir wollen eine kleine Spritze zur Hand nehmen und, nachdem wir nachgesehen haben, daß der Stempel gut in die Röhre paßt, tauchen wir das Mundstück in das Wasser und ziehen den Stempel heraus. Hierauf halten wir das Mundstück in die Höhe, drücken den Stempel in die Röhre, bis ein wenig Wasser herausspritzt, so daß wir versichert sind, die Spritze enthält nur Wasser. Nun pressen wir unsern Finger fest auf die Öffnung des Mundstückes, so daß kein Wasser herausdringen kann und versuchen dann, den Stempel hineinzustoßen. Wir werden finden, daß wir ihn nicht ohne große Kraftanstrengung bewegen können, und wenn sich der Stempel merklich bewegt, so geschieht es, weil etwas Wasser an seinen Seiten hinaufgedrungen ist.

Wenn der Stempel z. B. einen Umfang von ungefähr 6 □zentimeter hätte und fest anschlösse und die Wassersäule in der Röhre eine Höhe von ungefähr 6 Zentimeter hätte, so würde ein Gewicht von ungefähr 13 Tonnen (13,000 Kilogramm) nötig sein, um das Wasser um $2^1/_2$ Millimeter zusammenzupressen.

Digitized by Google

17. Was bedeutet „Gewicht“?

Zunächst wollen wir die Eigenschaften des Gewichtes betrachten. Wir sagen, daß ein Gegenstand Gewicht besitzt, wenn wir uns anstrengen müssen, um ihn aufzuheben oder in der Hand zu halten. Oder wenn ein Gegenstand, der in gewisser Höhe vom Boden durch eine Stütze gehalten wird, auf den Boden fällt, sobald diese Stütze entfernt wird, so sagen wir, derselbe hat Gewicht. Mit dem Boden ist einfach die Oberfläche der Erde gemeint, und da alle schweren Körper sofort auf die Oberfläche der Erde fallen, wenn sie nicht irgend ein Stützpunkt von derselben zurückhält, so können wir sagen, daß alle Körper, die Gewicht besitzen, geneigt sind, in jener Richtung zu fallen. Es kommt nicht darauf an, auf welcher Stelle der Erdoberfläche wir diesen Versuch machen. Regen besteht aus Wassertropfen und es ist ganz einerlei, wo wir bei ruhigem Wetter einen Regenschauer beobachten, ob hier oder in Amerika, die Tropfen fallen stets senkrecht zur Erde. Wir wissen jedoch, daß die Erde eine Kugel ist und daß Amerika auf der Deutschland entgegengesetzten Seite der Erdkugel liegt. Wenn daher zu gleicher Zeit zwei Regenschauer fallen, einer hier und einer in Amerika, so müssen die Tropfen in entgegengesetzter Richtung gegen einander fallen, d. h. nach dem Mittelpunkt der Erde zu, welcher zwischen ihnen liegt. In der That haben alle schweren Körper das Bestreben, in der Richtung des Mittelpunktes der Erde zu fallen, d. h. sie fallen in dieser Richtung, wenn sie nicht durch etwas daran verhindert werden;

Digitized by Google

sprechen wir von Gewicht, so meinen wir damit diese Neigung zum Fallen. Einen Gegenstand als schwer bezeichnen ist dasselbe, als die Erwartung aussprechen, daß derselbe zur Erde fällt, wenn er keinen Stützpunkt hat; oder daß, wenn wir den Gegenstand stützen, wir uns einer Anstrengung bewußt sind.

18. Schwere und Schwerkraft oder Gravitation.

Als der Ausdruck Schwere zuerst angewendet wurde, bedeutete er genau dasselbe wie Gewicht, und von einem Körper, welcher Gewicht besitzt, sagt man, daß er nach dem Mittelpunkt der Erde zu gravitiert, d. h. daß die Schwere ihn dem Erdmittelpunkt zutreibt. Jetzt hat aber Schwere eine viel weitere Bedeutung erlangt, als Gewicht. Denn durch unzählige sorgfältige Beobachtungen und Experimente hat man die allgemeine Regel oder das Naturgesetz aufgestellt, daß jeder Körper bestrebt ist, sich jedem andern Körper zu nähern, gerade so, wie ein Regentropfen zur Erde fällt, und daß in der That irgendwelche zwei Teile der Materie, welcher Art dieselben auch sein mögen, sich gegen einander bewegen, wenn sie durch nichts daran verhindert werden.

Um dies uns klar zu machen, wollen wir annehmen, daß die einzigen Körper im Weltall zwei runde Wassertropfen wären, jeder von einem Durchmesser von 3 Millimetern. Jeder dieser Tropfen hätte denselben Umfang wie der andere und wäre eine Quantität von Materie, die genau der andern entspräche. Dann würden, wenn sie auch noch so weit von einander getrennt wären, die beiden Tropfen beginnen, sich

Digitized by Google

einander zu nähern, und indem jeder sich mit allmählich größer werdender Schnelligkeit bewegt, würden sie schließlich an einem Punkte zusammentreffen, der genau in der Mitte der beiden Ausgangspunkte liegt. Wäre hingegen der Umfang des einen Tropfens größer als der des andern, dann würde der größere sich langsamer fortbewegen, und der Punkt, an welchem sie zusammenträfen, würde dem Ausgangspunkte des größeren Tropfens näher liegen. Hieraus folgt, daß, wenn der eine Wasserkörper so groß als die Erde wäre, der andere hingegen seine ursprüngliche Größe behielte, d. h. die eines Regentropfens, so würde die Fortbewegung der großen Masse gegen die kleine einen kaum wahrzunehmenden Bruchteil der ganzen Strecke ausmachen. Es würde den Anschein haben, als stünde der größere Körper vollständig still und zöge den kleineren zu sich. Dies ist der Fall, wenn ein einziger Wassertropfen aus einer Wolke zur Erde fällt, etwa durch die Entfernung von $1^1/_2$ Kilometer. Die Erde bewegt sich thatsächlich gegen den Tropfen — wie sich derselbe auch gegen die Erde bewegt, — der geraden Linie entlang, welche die Mittelpunkte der beiden verbindet. Aber die Länge der Strecke, die jeder dieser Körper zurücklegt, verhält sich umgekehrt zur Masse eines jeden derselben, d. h. ist umso kürzer, je größer die Masse ist, so daß wir einen Regel de tri-Ansatz haben. Wie sich die Masse der Erde zu derjenigen eines Regentropfens verhält, so verhält sich $1^1/_2$ Kilometer zu der von der Erde zurückgelegten Strecke. Und wollte jemand dieses Beispiel ausrechnen,

Digitized by Google

so würde er finden, daß das vierte Glied des Ansatzes ein kaum ausdrückbarer Teil eines Millimeters ist. Für alle praktischen Zwecke kann man also die Erde als ruhend im Verhältnis zu allen fallenden Körpern betrachten, da die Masse irgend eines fallenden Körpers im Verhältnis zur Erdmasse verschwindend klein ist.

Was vom Wasser gilt, gilt von jedem Körper; wir sagen daher, es ist ein Naturgesetz, daß alle Körper Schwere besitzen, d. h., daß von je zwei Körpern jeder danach strebt, sich gegen den andern zu bewegen, aber mit um so geringerer Schnelligkeit, je größer die Masse seiner Materie im Verhältnis zur Materie des anderen Körpers ist; diese Schnelligkeit wird beim Annähern der beiden Körper allmählich immer größer.

Was man gewöhnlich das Gesetz der Schwerkraft oder Gravitation nennt, ist die Erklärung derselben beobachteten Thatsachen nur in anderer und vollständigerer Weise (Siehe Elementarbuch der Physik).

19. Die Ursache der Schwere: Anziehungskraft.

Wir wissen gar keinen Grund, warum Körper Gewicht besitzen. Körper fallen nicht infolge des Gesetzes der Schwerkraft (§ 9), noch erklärt ihre Schwere, warum sie fallen. Schwere ist, wie wir gesehen haben, nur ein anderer Name für Gewicht, und das Gesetz der Schwerkraft zeigt nur, wie sich Körper einander nähern und nicht, warum sie es thun.

Es wird oft gesagt: Schwerkraft ist Anziehung; Körper fallen zur Erde, weil die Erde dieselben anzieht;

Digitized by Google

Aber das Wort „Anziehung“ bedeutet nichts anders als „Bewegung in einer Richtung“ und „anziehen“ nichts als „in einer Richtung bewegt werden“ und zu sagen, daß, wenn zwei Körper sich zu einander hin bewegen, sie „angezogen“ werden, ist eine einfache Beschreibung des Vorganges, die uns um kein Jota klüger macht.

Im Gegenteil diese Bezeichnung verwirrt uns, wenn wir nicht sehr achtgeben; denn das Wort „anziehen“ ist eng mit der Vorstellung von Seilen, Winden und dem durch dieselben bewirkten Ziehen verbunden, daß wir leicht denken könnten, es wäre auch bei den sich gegenseitig anziehenden Körpern eine ähnliche, unsichtbare Maschinerie vorhanden.

Ferner wird von der Schwerkraft als einer Kraft gesprochen, und da das Wort Kraft fortwährend im gewöhnlichen Leben gebraucht wird, so wollen wir untersuchen, was damit gemeint ist. Wir sagen von einem Mann, daß er Kraft anwendet, wenn er etwas fortstößt oder zieht, so daß er entweder einen Druck auf den Gegenstand ausübt oder denselben in Bewegung setzt. Die Kraft eines Ringkämpfers wird dadurch bewiesen, daß er seinen Gegner wirft und die Kraft eines Ballspielers durch die Schnelligkeit, mit welcher sich der Ball fortbewegt.

Kraft ist also die Bezeichnung für etwas, welches Bewegung verursacht oder, wenn es sich um Druck handelt, Bewegung zu verursachen sucht. Unter Schwerkraft verstehen wir folglich die Ursache des Druckes, den wir fühlen, wenn Körper, die Schwere besitzen,

Digitized by Google

durch unsern Körper gestützt werden, ferner die Ursache der Bewegung von Körpern nach dem Mittelpunkte der Erde zu, sobald sie sich frei bewegen können. Aber über die Ursache dieser Erscheinung wissen wir rein nichts.

Viel Verwirrung wird durch die ungenaue Anwendung von Worten, wie Anziehungskraft und Kraft, angerichtet, als ob sie Dinge bezeichneten, die unabhängig existierten von den Naturgegenständen und der Folge von Ursachen und Wirkungen, welche unserer Beobachtung zugänglich sind, während sie thatsächlich nur die Namen von unbekannten Ursachen gewisser Naturereignisse sind. Und es ist wohl der Mühe wert, sich beim Beginn des Studiums der Naturwissenschaften hierüber klare Begriffe zu verschaffen.

Wir wollen also das Naturgesetz im Gedächtnis behalten, wonach irgendwelche zwei materielle Körper, die sich frei bewegen können, sich gegenseitig mit allmählich wachsender Geschwindigkeit nähern, und daß der Raum, den jeder durchmißt, ehe sie sich treffen, im Verhältnis steht zu der Masse seiner Materie. Anziehung oder Schwerkraft ist ein Name für diese allgemeine Thatsache; Gewicht ist der Name derselben Thatsache, wenn sie sich auf Körper der Erde bezieht. Kraft ist ein Name, den wir der unbekannten Ursache dieser Thatsache beilegen. Die Thatsache zu wissen, ist dasjenige, was für uns wichtig ist. Die Namen sind von keiner großen Wichtigkeit, so lange wir daran denken, daß sie nur Namen und nicht Dinge sind.

Digitized by Google

20. Das Gewicht des Waſſers ſteht im Verhältnis (iſt proportional) zu ſeinem Volumen.

Von dem Gewicht im allgemeinen wenden wir uns nun zu dem Gewicht des Waſſers. Wir ſagen, daß ein mit Waſſer gefülltes Glas ſchwerer iſt als ein leeres Glas, weil wir mehr Kraft anwenden müſſen, es aufzuheben, als ein leeres. Je mehr Waſſer das Glas enthält, deſto größer iſt der Kraftaufwand. Ein Eimer voll Waſſer erfordert noch mehr Kraft, trotzdem der leere Eimer ganz leicht iſt, und haben wir es mit einem großen Faß voll Waſſer zu thun, ſo ſind wir vielleicht nicht im ſtande, es von der Stelle zu rücken, obgleich wir das leere Faß ohne Mühe aufheben können. So ſcheint es, daß, je größer die Menge des Waſſers iſt, es deſto ſchwerer wiegt und je kleiner die Menge, deſto leichter; und doch ſcheint ein Tropfen Waſſer auf unſerer Handfläche gar nichts zu wiegen. Dies kann jedoch nicht der Fall ſein; denn der Tropfen fällt zur Erde und muß daher Gewicht haben. Außerdem füllen einige tauſend Tropfen das Glas, und wenn tauſend Tropfen etwas wiegen, ſo muß jeder Tropfen den tauſendſten Teil dieſes Gewichtes ausmachen. So ſehen wir, daß unſer Gefühl von Kraftanſtrengung eine ſehr unſichere Beſtimmung von Gewicht iſt und uns nicht in ſtand ſetzt, kleine Gewichtsunterſchiede zu vergleichen oder ſie auch nur wahrzunehmen, wenn ſie ſehr gering ſind. Wenn wir uns genau über das Gewicht unterrichten wollen, ſo müſſen wir ein Inſtrument zu Hilfe nehmen, das zu dem Zwecke erfunden iſt, Gewicht genau zu berechnen.

Digitized by Google

21. Das Messen von Gewichten. Die Wage.

Ein solches Instrument ist die Wage, welche man in jedem Kaufladen sehen kann. Die Wage besteht aus einem Wagebalken, der sich leicht um einen in seiner Mitte befindlichen Drehpunkt bewegt und an dessen Enden zwei Wagschalen befestigt sind. So lange beide Wagschalen leer sind, ist der Balken wagerecht; legen wir aber einen Gegenstand, der Gewicht besitzt, in die eine, so senkt sich dieselbe, während die andere in die Höhe geht. Wenn wir nun die leere Schale niederdrücken oder niederziehen, so kann der Wagebalken wieder in die wagerechte Stellung gebracht werden und der dazu nötige Kraftaufwand wird um so größer sein, je schwerer das Gewicht des Körpers in der anderen Schale ist. Fünfzehn Gramm in der einen Schale werden leicht durch den Druck eines Fingers auf die andere gehoben. Ein halbes Kilo erfordert mehr Kraftaufwand; fünf Kilo brauchen schon die Kraft des ganzen Armes. Um fünfundzwanzig Kilo zu heben, ist schon ein großer Kraftaufwand nötig, während hundert Kilo nicht durch den kräftigsten Druck oder Stoß auf die leere Wagschale gehoben werden können.

Nehmen wir an, daß wir, anstatt die leere Schale niederzudrücken, etwas hineinlegen, das Gewicht hat, so wird, sobald dieses Gewicht dem in der anderen Schale gleich ist, der Balken wagerecht stehen. Thatsächlich ist die eine Schale genau eben so sehr wie die andere bestrebt, sich nach dem Mittelpunkte der Erde zu bewegen, und da keine sich senken kann, ohne

Digitized by Google

daß die andere in die Höhe geht, hebt sich ihre Wirkung gegenseitig auf. Es ist dieselbe Wirkung, als wenn zwei Knaben von gleicher Stärke sich in entgegengesetzter Richtung ziehen; so lange sie gleich stark ziehen, kann sich natürlich keiner der Knaben rühren, während die kleinste Zunahme der Kraft des einen Knaben denselben befähigt, den anderen zu sich hinüber zu ziehen.

22. Das Gewicht derselben Menge oder Volumen Wassers bleibt gleich (constant) unter denselben Verhältnissen. Masse. Dichtigkeit.

Stellen wir nun zwei geeichte dünne Glasgefäße in die zwei Wagschalen, welche sich genau das Gleichgewicht halten. Wird auch nur ein Tropfen Wasser in das eine Glasgefäß gethan, so wird die Schale sinken, (vorausgesetzt, daß die Wage gut ist) und so beweisen, daß der Tropfen Gewicht besitzt. Wenn die Glasgefäße ganz genau geeicht sind, so muß immer in ein jedes gerade dieselbe Wassermenge gethan werden, damit der Balken wagerecht steht. Dies zeigt klar, daß dieselbe Wassermenge unter denselben Verhältnissen immer dasselbe Gewicht hat.

In § 18 wurde gesagt, daß Körper das Bestreben haben, sich einander mit einer relativen Schnelligkeit [1])

[1]) Die Geschwindigkeit oder Schnelligkeit wird aus der Entfernung berechnet, die ein Körper in einer bestimmten Zeit zurücklegt. Wenn von zwei Körpern der eine 20 Zentimeter in einer Sekunde zurücklegt und der andere 40 Zentimeter in einer Sekunde, so hat der letztere die größte relative Geschwindigkeit.

Digitized by Google

zu nähern, die zu der Menge ihrer Materie im umgekehrten Verhältnis steht. Wie sollen wir aber die Menge der Materie messen oder berechnen? Soll sie nach dem Raum, den sie einnimmt, abgeschätzt werden, d. h. nach ihrem Volumen, oder sollen wir die in einem Körper enthaltene Menge von Materie nach ihrem Gewicht schätzen? Wir werden bald sehen, daß das Volumen aller Körper fortwährend wechselt, im Zusammenhange mit dem Wechsel des von andern Körpern ausgeübten Druckes und noch mehr im Zusammenhange mit den Temperaturwechseln, denen sie unterworfen sind; während das Gewicht desselben Körpers auf derselben Stelle der Erdoberfläche sich nie verändert. Wir können daher das Gewicht eines Körpers als das Maß der in ihm enthaltenen Materie annehmen; es folgt daraus: je größer bei gleichem Gewicht das Volumen eines Körpers ist, desto weniger Materie enthält derselbe im Verhältnis zu seinem Volumen und je geringer das Volumen, desto mehr Materie enthält er. Das Verhältnis seines Gewichtes zu seinem Volumen giebt uns die Dichtigkeit eines Körpers.

Was sich beim Wasser als zutreffend herausstellt, ist auch von allen andern Körpern oder materiellen Substanzen wahr. Nehmen wir an, daß eines der Glasgefäße ausgeleert und wieder auf die Wagschale gestellt worden ist, dann können wir den Wagebalken wieder in die wagerechte Stellung bringen, vermittelst eines genau in der richtigen Größe zugeschnittenen Stückes Blei. Das Stück Blei bildet also ein genau

Digitized by Google

entsprechendes Gewicht für so viel Wasser und Stücke Eisen oder Messing, die dem Blei das Gleichgewicht halten, sind auch dem Gewicht des Wassers oder Bleies gleich. Die Stücke Blei, Eisen oder Messing sind von bedeutend geringerem Volumen oder Umfang, als das Wasser, dem sie das Gleichgewicht halten. Hieraus folgt, daß die Dichtigkeit dieser Metalle oder die in demselben Volumen enthaltene Menge von Materie viel größer sein muß, als beim Wasser. Was im Handel Gewichte genannt wird, sind Stücke Eisen, Blei oder Messing, welche im Gewicht genau einem gewissen Volumen von Wasser unter gewissen Bedingungen gleichkommen. Ein Liter Wasser wiegt ein Kilogramm.

23. Gleiche Volumina von verschiedenen Dingen unter denselben Verhältnissen haben verschiedenes Gewicht; die Dichtigkeit von verschiedenen Körpern ist verschieden.

Die wichtige Thatsache, welche eben angedeutet wurde, muß noch erschöpfender behandelt werden. Wir haben gesehen, daß ein Litermaß uns den Raum giebt, den ein Kilogramm Wasser einnimmt, und dieser Raum ist der Umfang oder das Volumen dieses Gewichtes von Wasser. Nehmen wir aber ein Kilogewicht und thun es in das Litermaß, so sehen wir, daß es, anstatt das Maß auszufüllen, nur einen kleinen Teil des inneren Raumes oder der Höhlung einnimmt. So ist das Volumen eines Kilogramm Eisen, Blei oder Messing viel geringer, als das Volumen desselben Gewichtes von Wasser; das heißt

Digitized by Google

also, die Metalle sind dichter als Wasser; dasselbe Volumen oder der gleiche Raumteil besitzt größere Schwere. Oder, um den Fall anders darzustellen, wollen wir das Glas, mit welchem wir anfingen, zur Hälfte mit Wasser füllen und, genau an der Oberfläche des Wassers, am Glase ein Zeichen machen. Dann stellen wir es auf eine Wagschale und stellen das Gleichgewicht durch Gewichte in der andern Schale her. Nun gießen wir das Wasser aus, trocknen das Glas und füllen es sorgfältig bis zum Zeichen mit Sand. Das Volumen von Sand kommt dem Volumen von Wasser gleich. Jetzt halten aber dieselben Gewichte nicht mehr das Gleichgewicht, und wir müssen mehr Gewichte in die entgegengesetzte Schale thun. Volumen gegen Volumen ist also Sand schwerer, als Wasser. Werfen wir den Sand heraus und thun Sägespäne hinein, so finden wir, daß weniger Gewichte nötig sind, um das Gleichgewicht zu halten, als beim Wasser. Volumen gegen Volumen sind also Sägespäne leichter, als Wasser. Stellen wir in derselben Weise Versuche mit Öl und Spiritus an, so finden wir, daß sie leichter als Wasser sind, während Syrup schwerer und Quecksilber sehr viel schwerer als Wasser ist.

24. Die Bedeutung von schwer und leicht — spezifisches Gewicht.

Wir sind gewohnt, die Worte schwer und leicht ganz unüberlegt zu gebrauchen. Wir nennen leicht aufzuhebende Dinge leicht und andere, welche schwer aufzuheben sind, schwer. Wir sagen, daß Sand, der

Digitized by Google

vom Wind umhergeweht wird, leicht und daß ein Holzblock schwer ist und doch haben wir eben gesehen, daß Volumen gegen Volumen gehalten, der Sand schwerer ist als Holz. Um diesem Doppelsinne zu entgehen, nennt man das Gewicht eines Volumens von irgend einem flüssigen oder festen Körper im Verhältnis zu dem Gewicht desselben Volumens Wasser unter einem bekannten Wärmegrad und Druck sein spezifisches Gewicht. Nimmt man Wasser als 1, so sagt man von irgend etwas, das zweimal so schwer als dasselbe Volumen Wasser ist, es hat das spezifische Gewicht 2; ist es dreimal so schwer, 3; vier und ein halb mal so schwer, 4,5 und so fort. So bezeichnet das spezifische Gewicht eines flüssigen oder festen Körpers dessen Dichtigkeit im Verhältnis zu der des Wassers unter denselben Bedingungen. Sägespäne, Öl und Spiritus haben ein geringeres spezifisches Gewicht als Wasser, während Syrup, Sand und Quecksilber ein größeres spezifisches Gewicht haben. In diesem Sinne sind die ersteren drei Substanzen leicht, während die anderen drei schwer sind.

25. Dinge von größerem spezifischem Gewicht als Wasser sinken im Wasser unter; Dinge von geringerem spezifischem Gewicht schwimmen.

Wir wollen zwei Gläser voll Wasser nehmen und etwas Sand in das eine und Sägespäne in das andere werfen. Was geschieht? Der Sand sinkt auf den Boden, die Sägespäne schwimmen auf der Oberfläche. Wir mögen umrühren, wie wir wollen, nimmer wird

Digitized by Google

der Sand zur Oberfläche steigen und die Sägespäne zu Boden sinken. So schwimmt das, was leichter als Wasser ist, und das, was schwerer ist (Volumen gegen Volumen) sinkt unter. Wenn wir etwas Öl in das Wasser gießen, schwimmt es, und gießen wir etwas gefärbten Spiritus sorgfältig hinein, so schwimmt er auch; Syrup und Quecksilber hingegen sinken auf den Boden, ebenso Eisenfeilspäne.

Wir sahen, daß die Eisenfeilspäne sanken, weil Eisen schwerer ist, als Wasser. Hier ist ein Stück dünnen Eisenbleches, aus dem Blechkästchen gemacht werden. Was wird geschehen, wenn wir es ins Wasser werfen? Es ist, Volumen gegen Volumen, schwerer als Wasser, und sinkt daher, wie wir sehen, unter.

Nehmen wir nun aber ein aus demselben dünnen Eisenblech verfertigtes Kästchen. Wir thun dasselbe ins Wasser und sehen, daß es nicht untersinkt, sondern auf der Oberfläche schwimmt, als wäre es aus Kork. Hier sind wir nun in einer Verlegenheit. Eben waren wir zu der Gewißheit gelangt, daß Eisen schwerer ist, als Wasser und nun schwimmt ein eisernes Kästchen. Ist dies eine Ausnahme von der Regel? Durchaus nicht; denn wir sagten, ein Gegenstand würde schwimmen, der, Volumen gegen Volumen, leichter sei, als Wasser. Nun wollen wir das Eisenblechkästchen wiegen und hierauf ausfindig machen, wieviel dasselbe Volumen Wasser wiegt. Dies kann sehr leicht ausgeführt werden; denn die Wände des Kästchens sind sehr dünn, so daß das Innere desselben beinahe so groß wie das ganze Kästchen ist. Wir werden folglich, wenn wir

Digitized by Google

das Käſtchen mit Waſſer füllen und dann das Waſſer wiegen, beinahe genau beſtimmen können, was das Gewicht von dem, dem Käſtchen an Größe gleichkommenden Volumen Waſſer iſt. Wenn wir dies thun, ſo werden wir finden, daß das in dem Käſtchen enthaltene Waſſer viel mehr, als das Käſtchen ſelbſt wiegt, daß alſo, Volumen gegen Volumen, das Käſtchen leichter iſt, als Waſſer und darum ſchwimmt, trotzdem es aus Eiſenblech gemacht iſt. Wir haben oft von den jetzt ſo gewöhnlichen eiſernen Schiffen gehört und uns gewundert, daß Schiffe, die aus aneinander genieteten, dicken Eiſenplatten beſtehen und viele tauſend Tonnen wiegen, nicht auf den Boden ſinken. Sie ſind jedoch nichts weiter als unſer Blechkäſtchen im großen und ſie ſchwimmen, weil jedes Schiff weniger wiegt, als eine Waſſermenge desſelben Volumens.

Weil nun das Waſſer die Eigenſchaft beſitzt, Dinge, die leichter ſind als es ſelbſt, zu tragen und ferner die Eigenſchaft der leichten Beweglichkeit ſeiner Teilchen, ſo werden die Kanäle, Flüſſe und das Meer zu ſolch' großen Verkehrsſtraßen für die Menſchheit.

Es iſt nichts ſo ſchwer, daß es nicht auf dem Waſſer ſchwimmen könnte, wenn nur der es enthaltende Kaſten groß genug iſt, um das Gewicht des Ganzen geringer zu machen, als das Gewicht desſelben Volumens Waſſer. Und wenn man es einmal zum Schwimmen gebracht hat, ſo ſind die Waſſerteilchen ja ſo leicht zu bewegen, daß die Kraft des Windes oder von Rudern den Kaſten leicht von einer Stelle zur andern durch das Waſſer gleiten laſſen.

Digitized by Google

26. Ein Körper, welcher im Waſſer ſchwimmt, nimmt unter der Oberfläche des Waſſers immer ſoviel Raum ein, als das ihm an Gewicht gleichkommende Volumen Waſſer; er verdrängt, mit andern Worten, ſoviel Waſſer, als ſein eigenes Gewicht beträgt.

Ein Kubikzentimeter Waſſer wiegt 1 Gramm. Wäre nun der Blechkaſten, mit dem wir im vorigen Abſchnitt zu thun hatten, viereckig und hätte einen Umfang von 100 Kubikzentimetern, ſo würde das Gewicht eines gleichen Volumens Waſſer 100 Gramm betragen. Betrüge nun das Gewicht des Kaſtens $33^1/_3$ Gramm, ſo würde er genau um ein drittel ſeines Umfanges unterſinken; bei 50 Gramm um die Hälfte; bei $66^2/_3$ um zwei drittel und ſo fort. Oder wenn man an der Seite des ſchwimmenden Kaſtens genau über dem Waſſerſpiegel ein Zeichen macht, ſo kann man das Volumen des untergetauchten Teiles genau beſtimmen. Angenommen, es ſeien 30 Kubikzentimeter, ſo würde das Gewicht des Kaſtens 30 Gramm ſein; daraus folgt, daß der eingetauchte Teil eines ſchwimmenden Körpers den Platz des von ihm verdrängten Waſſers einnimmt und dasſelbe ſo zu ſagen erſetzt. Wenn man den ſchwimmenden Kaſten niederdrückt, ſo fühlt man in dem Maße, als er einſinkt, einen Widerſtand und hört der Druck auf, ſo ſteigt der Kaſten ſofort wieder in die Höhe. Das Waſſer drückt alſo nach aufwärts gegen den Boden des ſchwimmenden Körpers. Es drückt aber auch ſeitlich gegen denſelben; denn wenn die Seiten des Kaſtens ſehr dünn ſind, werden ſie eingedrückt. Wird eine dünne, leere

Digitized by Google

Flasche fest zugekorkt und tief ins Wasser versenkt, so wird der Kork hineingetrieben oder die Flasche zerdrückt werden.

27. Wasser übt nach allen Seiten hin Druck aus.

Das Wasser drückt also nach allen Seiten auf Gegenstände, welche darin schwimmen.

Wenn man eine lange hölzerne oder metallene Röhre senkrecht hält, deren unteres Ende durch einen nicht zu fest schließenden Stöpsel geschlossen ist, und in die obere Öffnung Wasser gießt, so wird das Wasser zuerst den über dem Stöpsel befindlichen Teil der Röhre ausfüllen und sein Gewicht wird einen gewissen Druck auf den Stöpsel ausüben. Schließt man dagegen das Ende der Röhre durch Andrücken der Handfläche anstatt mit einem Stöpsel, so gehört schon einige Kraftanstrengung dazu, um dem Druck des Wassers entgegenzutreten. Je mehr Wasser sich ansammelt, um so größer wird dieser Druck nach unten, bis die Hand verdrängt oder der Kork herausgetrieben ist und das Wasser ausfließt. Der Druck ist in diesem Falle derselbe, als das Gewicht des Wassers beträgt, und der Stöpsel würde ebensowohl durch ein Stück Blei desselben Gewichtes herausgetrieben worden sein.

Nehmen wir an, daß die Röhre viereckig ist und ihre Weite gerade einen Quadratzentimeter mißt, dann würde ein Zentimeter der Höhe der Röhre gerade einen Kubikzentimeter Wasser enthalten. Da ein Kubikzentimeter Wasser ein Gramm wiegt, so wiegt diejenige

Digitized by Google

Waſſermenge, welche die Röhre fünfzig Zentimeter hoch füllt, gerade fünfzig Gramm, und die Waſſermenge, welche die Röhre einen Meter hoch füllt, einhundert Gramm. Und dieſe betreffenden Gewichte meſſen den Druck von zwei Waſſerſäulen von je fünfzig Zentimeter und einem Meter Höhe auf einen Quadratzentimeter der Oberfläche, auf der ſie ruhen.

Das ſpezifiſche Gewicht (§ 24) von Blei iſt 11,45; es iſt mit anderen Worten faſt elf und ein halbes Mal dichter, als Waſſer. Wird daher ein Stück Blei auf einen Quadratzentimeter Grundfläche zugeſchnitten und etwas weniger hoch, als der elfte Teil jener Waſſerſäule, ſo übt es, wenn wir es ſtatt des Waſſers in die Röhre thun, denſelben Druck auf den Boden aus. Nun aber iſt der Unterſchied zwiſchen dem Blei und dem Waſſer hervorzuheben, welcher auf der flüſſigen Beſchaffenheit des letzteren beruht. Das Blei übt keinen Druck auf die Seiten der Röhre aus, das Waſſer hingegen wohl. Wenn man ein kleines Loch in die Seite der Röhre, nahe am Boden ſchneidet und durch einen Stöpſel ſchließt, ſo wird das Blei nicht auf den Stöpſel drücken. Iſt aber die Waſſerſäule hoch genug, ſo wird der Stöpſel mit eben ſolcher Gewalt, als vorher herausgetrieben, das Waſſer drückt alſo eben ſo ſehr nach den Seiten, wie nach unten. Man kann ſich hiervon leicht überzeugen, wenn man eine lange Glasröhre, deren unteres Ende in einen rechten Winkel gebogen und durch einen Stöpſel geſchloſſen iſt, in die Seite einer Holzröhre einfügt. Das Waſſer wird ſofort in der Glasröhre ebenſo hoch ſteigen, als

Digitized by Google

es in der Holzröhre steht. Hieraus ist ersichtlich, daß der Druck des Wassers auf irgend eine Stelle der Seiten dem senkrechten Drucke an derselben Stelle gleichkommt; denn der Druck nach außen hält dem senkrechten Druck im Innern der Röhre genau das Gleichgewicht. Das Wasser in einer Gießkanne steht in der Kanne und der Ausgußröhre immer auf derselben Höhe, in derselben Ebene.

Wenn eine Glasröhre wie ein U gebogen ist, so wird das Wasser in den beiden Schenkeln der Röhre immer gleich hoch stehen, wie auch die Form der Biegung sein mag, oder die Weite der beiden Schenkel oder auch die Neigung der Röhre. Dies muß so sein; denn die Kraft, mit welcher das Wasser auf der einen Seite auszufließen strebt, hängt von der senkrechten Höhe[1]) der Wasseroberfläche über der Ausflußöffnung ab; jede Säule von gleicher Höhe wird ihr also das Gleichgewicht halten.

Daß eine Wassersäule genau dasselbe Niveau hat als jede andere, mit der sie in Verbindung steht, kann noch leichter bewiesen werden, wenn man eine an beiden Enden offene Glasröhre in eine Schüssel voll Wasser stellt. Wie schief oder geneigt man auch

[1]) Unter senkrechter oder vertikaler Höhe versteht man die längs einer geraden Linie gemessene Höhe, welche von der Oberfläche des Wassers perpendikulär auf die Oberfläche der Erde gezogen ist. Ein Lot ist ein Faden, an dessen unterem Ende ein Bleigewicht befestigt ist und frei schwebt; hält man ein solches Lot über der Oberfläche des Wassers, so deutet die Richtung des Fadens die Richtung der senkrechten Höhe an.

Digitized by Google

die Röhre halten mag, ob das untere Ende weit oder eng ist, immer wird die Wassersäule in der Röhre mit dem Wasser in der Schüssel gleich hoch stehen. Und doch schneiden die festen Glaswände der Röhre jede Verbindung der Wassersäule mit dem übrigen Wasser, ausgenommen am Boden, ab.

In einer wohlverwalteten Stadt wird jedes Haus mit Wasser versorgt, das selbst noch im höchsten Stockwerk aus Hähnen abgelassen werden kann. Diese werden durch Röhren gespeist, welche von einer Zisterne auf dem Boden des Hauses abgeleitet sind. Das Wasser wird von einer großen Hauptröhre in der Straße, durch eine kleinere Hausröhre gebracht, die sich oft nach den verschiedensten Richtungen drehen und wenden muß, ehe sie die Zisterne erreicht, welcher sie das Wasser abliefert. Könnten wir der Hauptröhre folgen, so müßten wir sie eine lange Strecke, auf und nieder, begleiten, bis wir endlich zu dem Hebewerk gelangten. Hier würden wir finden, daß die Röhre mit einem Reservoir verbunden ist, und dieses Reservoir liegt entweder höher, als sämtliche Zisternen, denen Wasser zugeführt wird, oder es sind Mittel vorhanden, um das Wasser auf seinem Wege vom Reservoir zur Hauptröhre zu solcher Höhe zu pumpen. So bilden das Reservoir, die Hauptröhre und die Hausröhre eine riesige U-Röhre, und das Wasser in der Hausröhre strebt darnach, oben so hoch zu steigen, als das Wasser im Reservoir steht, und fließt daher in die Zisterne, in welche sie mündet, nach, sobald das Ausflußrohr geöffnet ist.

Digitized by Google

28. Die Übertragung von Bewegung durch fließendes Wasser. Die lebendige Kraft des fließenden Wassers.

Nehmen wir ein Faß mit horizontalem Hahne, dessen Röhre zwei Zentimeter im Geviert oder vier Quadratzentimeter Weite[1]) beträgt, ganz unten am Boden und füllen es bis 1 Meter über dem Hahne mit Wasser. Bei geschlossenem Hahne beträgt der Druck auf seine Durchschnittsfläche 400 Gramm, nämlich 100 Gramm auf je einen Quadratzentimeter des Bodens. Dreht man nun den Hahn auf, so wird das von außen nicht gestützte Wasser durch den Druck von innen in Bewegung gesetzt und fließt in einem Strom heraus. Zuerst fließt das Wasser mit großer Gewalt weit heraus, das heißt, das Gewicht der einen Meter hohen Wassersäule wirkt als eine Kraft, oder als Ursache der Bewegung auf das Wasser nächst dem Hahn und dieses Wasser wird mit einer, von dieser Kraft abhängenden Schnelligkeit in senkrechter Richtung getrieben. Bringen wir nun eine kleine Holzkugel in den Lauf des Wassers, so wird der Strom sofort die Kugel fortreißen und zwar in derselben Richtung, die er selbst einschlägt. Die Kraft, welche das Wasser besitzt, auf einen Körper Bewegung zu übertragen, der ruht, sich aber, wie die Kugel, frei

[1]) Die Weite einer solchen Röhre wird durch die Oberfläche der Figur gegeben, die entsteht, wenn man sie durchschneidet. Man kann sie sich wie ein Stück Kartenpapier vorstellen (ähnlich wie der Pfropfen einer Flintenladung), das gerade groß genug ist in die Röhre hinein zu passen.

Digitized by Google

bewegen kann, verdankt es seiner lebendigen Kraft. Je größer der Strom und je schneller er sich bewegt, desto mehr Bewegung wird er auf die Kugel übertragen oder eine desto schwerere Kugel wird er fortbewegen. Dicht an der Öffnung des Hahnes ist die Richtung des Stromes wagerecht, er beginnt aber bald, sich zu neigen und erreicht die Erde, indem er einen kurzen Bogen beschreibt. Dies geschieht genau aus demselben Grunde, aus welchem ein Stein, den man wagerecht wirft, einen Bogen beschreibt und zuletzt den Boden berührt; man kann wirklich den Strom als eben so viel wagerecht geworfenes Wasser betrachten.

Hierfür giebt es zwei Gründe: erstens ist das Wasser, sowie es den Hahn verläßt, ein ungestützter, schwerer Körper und beginnt als solcher, zu Boden zu fallen. Zweitens wird die lebendige Kraft des Wassers fortwährend durch den Widerstand der Luft, durch die es strömt, vermindert. Obgleich die Luft, welche uns umgiebt, ein so dünner, beweglicher Körper ist, daß wir sie gewöhnlich kaum bemerken, so kann man doch leicht beweisen, daß sie Körpern, welche durch sie gleiten, Widerstand leistet, z. B. wenn man einen Fächer hin und her bewegt. Das Wasser muß diesen Widerstand überwinden und seine lebendige Kraft wird verhältnismäßig vermindert.

Würden die Luft und die Schwerkraft aufgehoben, wenn das Wasser den Hahn verläßt, während das letztere aber seine lebendige Kraft behielte, so würde es immer in derselben Richtung sich fortbewegen.

Digitized by Google

Sobald das auslaufende Waſſer auf die Neige geht, bemerkt man, daß die Schnelligkeit des Stromes abnimmt, er einen ſchärferen Bogen beſchreibt und den Boden ſchneller erreicht; und ſchließlich, wenn das Faß faſt leer iſt, fällt der Strom faſt ſenkrecht herunter. Der Grund hiervon iſt, daß die Waſſerfläche allmählich ſinkt, folglich nimmt die Höhe der Waſſerſäule, welche auf das Waſſer nächſt dem Hahn drückt, ab und ihr Gewicht wird vermindert. Dieſes Gewicht oder dieſer Druck iſt die Urſache der Bewegung des Waſſers und ſowie die Urſache abnimmt, ſo muß auch die Wirkung dieſer Urſache abnehmen. Daher wird die lebendige Kraft des Waſſers allmählich verringert, und es wird während der Zeit, die es braucht, um zu Boden zu fallen, weniger und weniger weit wagerecht getragen, bis es ſchließlich gar keine wahrnehmbare wagerechte Bewegung ausführt und von der Mündung des Hahnes gleich ſenkrecht hinabfällt.

29. Die Energie des ſich bewegenden Waſſers.

Biegen wir eine kurze Röhre in einen rechten Winkel, wie den Buchſtaben L, und fügen wir den einen Schenkel in die Öffnung des Hahnes, während der andere ſenkrecht in die Höhe ſteht, ſo wird, wenn der Hahn aufgedreht, und das Faß wie vorher gefüllt iſt, das Waſſer ſenkrecht in die Luft ſchießen, nachdem es eine beſtimmte Strecke geſtiegen iſt, anhalten und dann fallen. Wir haben in der That einen Springbrunnen.

Nun müſſen wir den Unterſchied zwiſchen dem wagerechten und ſenkrechten Waſſerſtrahl näher unterſuchen.

Digitized by Google

Sehen wir ganz von dem Widerstand, den die Luft bietet, ab, so hat der wagerechte Strahl gar keine Hindernisse zu überwinden, und er könnte in dieser Richtung fortströmen, wenn nicht sein Gewicht seinen Weg allmählich gegen die Erde zu herabböge, welche er schließlich berührt.

Ist der Strahl senkrecht, so ändert das die Sache vollständig. Das senkrecht in die Höhe geschleuderte Wasser strebt fortwährend darnach, senkrecht herunter zu fallen, was jeder andere schwere Körper auch thun würde, und seine lebendige Kraft hat das Hindernis seiner Schwerkraft zu überwinden. Es wirken thatsächlich auf jede gegebene Menge von Wasser zwei sich entgegengesetzte Kräfte ein, die lebendige Kraft, welche es in die Höhe treibt und die Schwere, die es hinunter zieht.

Wenn nun zwei gleiche Kräfte genau einander entgegen stehen, so bewegt sich der Körper, auf den sie einwirken, gar nicht; ist jedoch die eine stärker als die andere, so bewegt sich der Körper in der Richtung der stärkeren.

So schießt ein Teil Wasser, welcher gerade die Öffnung verlassen hat, in die Höhe, weil die Schnelligkeit, mit der er aufwärts getrieben wird, hinreicht, um ihn in einer gegebenen Zeit, z. B. einer Sekunde, durch einen größeren Raum zu tragen, als der ist, durch den seine Schwere in derselben Zeit ihn abwärts treiben würde.

Die Strecke, welche jedoch das Wasser während dieser Sekunde zurücklegt, wird den Unterschied ausmachen zwischen der Strecke, die es aufgestiegen sein

Digitized by Google

würde, hätte es nicht die Schwere heruntergetrieben und der Strecke, welche es herabgeſtrömt ſein würde, wenn nicht die lebendige Kraft es emporgetrieben hätte, und zu Ende der Sekunde wird der Grad ſeiner Bewegung nach oben oder ſeiner Schnelligkeit verhältnismäßig langſamer ſein. So hat zu Ende der erſten Sekunde das Waſſer einen gewiſſen Teil ſeiner lebendigen Kraft durch das Überwinden ſeiner Schwerkraft verausgabt. Da nichts vorhanden iſt, um den Verluſt zu decken, wird es, ſich ſelbſt überlaſſen, in der zweiten Sekunde langſamer oder über eine kürzere Strecke emporſchießen. Obgleich die lebendige Kraft des Waſſers vermindert iſt, ſo bleibt doch ſeine Schwere, ſein Gewicht oder das Streben, in einer Sekunde eine gegebene Strecke nach unten zu fallen, genau dasſelbe und arbeitet in der zweiten Sekunde in derſelben Stärke, wie in der erſten. Daher iſt zu Ende der zweiten Sekunde die Strecke, welche das Waſſer nach oben zurücklegt, noch kleiner und ſeine Schnelligkeit noch mehr verringert. Es iſt klar, daß, wie groß auch beim Beginn das Übergewicht der lebendigen Kraft über die Schwerkraft iſt, unter dieſen Umſtänden ſchließlich die Schwerkraft den Sieg davontragen wird. Der Vorrat von lebendiger Kraft wird aufgebraucht ſein und nach einem kurzen Ausruhen fängt das Waſſer, das wieder zu einem Körper ohne Stütze geworden iſt, an, durch die jetzt allein wirkende Thätigkeit der Schwere abwärts getragen zu werden.

Der Fall iſt ähnlich, wie wenn z. B. ein Knabe ein Boot fortrudert, das am Vorderteile plötzlich

Digitized by Google

von einem ſtarken Manne erfaßt und heftig nach rückwärts geſtoßen wird. Das Boot wird zuerſt rückwärts gehen, aber jeder Ruderſchlag des Knaben wird ſeine Rückwärtsbewegung verlangſamen, bis endlich die durch den Mann auf das Boot übertragene lebendige Kraft in ihrer Thätigkeit gegen den Knaben vollſtändig erſchöpft ſein und das Boot nach kurzem Stillſtand ſeinen Lauf nach vorn wieder aufnehmen wird. Die Strecke, die das Boot rückwärts geſtoßen wird, hängt augenſcheinlich von der Menge der Muskelkraft ab, welche der betreffende Mann auf das Boot überträgt und welche das Boot nachher nach und nach ausgiebt. Wir nennen Leute, die große Muskelkraft oder ſonſtige Kraft beſitzen, kräftig oder energiſch und wir meſſen ihre Kraft (Energie der Phyſiker) nach den Hinderniſſen, die ſie überwinden, oder mit andern Worten, nach der Arbeit, welche ſie thun. Bei dem vorhergegangenen Beiſpiel würde die Kraft des Mannes durch die Entfernung gemeſſen, die das Boot fortgeſtoßen wurde, ehe es anhielt.

Es iſt leicht, dieſen Begriff von Energie, als der Kraft, Arbeit zu leiſten, auf unbelebte Dinge zu übertragen; wenn alſo ein Körper in Bewegung irgend welche Hinderniſſe, die ihm in den Weg treten, überwindet, indem er dabei an lebendiger Kraft verliert und mehr oder weniger aufgehalten wird, ſo ſagen wir, er beſitzt Energie und arbeitet. Die Energie des ſich bewegenden Waſſers wird gemeſſen nach der Stärke der ihm entgegentretenden Kräfte, welche es überwinden kann, multipliziert mit der Entfernung,

Digitized by Google

die es zurücklegen kann, ehe dieſe Energie erſchöpft iſt, d. h. alſo, nach der Arbeit, die es thut, ehe es ſelbſt in einen Zuſtand der Ruhe gelangt. In dem eben betrachteten Falle beruht die Energie, durch welche die Schwere für längere oder kürzere Zeit überwunden wird, auf der Schnelligkeit des Stromes und dieſe beruht wieder auf der Höhe des Waſſers im Faß oder über dem Hahn. Gerade wie die Energie des wagerechten Stromes ſich vermindert, wenn die Waſſerfläche ſinkt, ſo nimmt auch die Energie des ſenkrechten Stromes ab. Der Strahl wird alſo, wenn ſich das Faß leert, immer kürzer, bis er zuletzt ganz aufhört.

Die Energie des ſich bewegenden Waſſers macht dasſelbe unter Umſtänden zu einer der zerſtörendſten Naturkräfte und unter andern Umſtänden wieder zu einem der nützlichſten Diener der Menſchheit. Ein Strom iſt abwärts fließendes Waſſer, deſſen Schnelligkeit von der Neigung des Strombettes abhängt. Im Fallen gewinnt es lebendige Kraft und damit Energie, und ſo reißt ein durch Regen oder geſchmolzenen Schnee angeſchwollener Gebirgsſtrom Geſteinsmaſſen und was ihm ſonſt in den Weg kommt, mit ſich fort. Nichts kann harmloſer und friedlicher ausſehen, als das ruhige Meer, wenn aber der darüber hinſtreichende Wind das Waſſer in Bewegung ſetzt, ſo ſchlägt die Brandung mit furchtbarer Kraft an die Küſte, und ſeine Energie türmt große Wellen auf, welche rieſige Felsblöcke heben und gegen die Küſte ſchleudern.

Bei allen Arten von Waſſermühlen iſt es die Energie von mehr oder weniger ſchnell fallendem

Digitized by Google

Wasser, die ausgenützt wird. Man läßt das Wasser gegen Eimer oder Schaufeln strömen, welche am Umkreis eines Rades befestigt sind. Jeder Eimer oder jede Schaufel bildet ein Hindernis, auf welches das Wasser einen Teil seiner eigenen Bewegung überträgt; es bewegt sich fort und dreht dadurch das Rad, an dem es befestigt ist. Die Drehung des Rades bringt aber dem Wasser wieder ein neues Hindernis in den Weg. Dieses wird auf dieselbe Weise behandelt, das Rad dreht sich noch weiter, bringt somit in den Weg des Stromes wieder ein neues Hindernis, auf welches dieselbe Wirkung ausgeübt wird. So ist jede Schaufel oder jeder Eimer ein Mittel, durch das ein Teil der lebendigen Kraft des Stromes gefangen und auf das Wasserrad übertragen wird, welches infolgedessen sich mit einer gewissen Geschwindigkeit herumdreht.

Dieses Wasserrad ist jetzt ein Körper in Bewegung und enthält daher einen Vorrat von Energie oder Arbeitskraft. Wenn ein Strick mit einem Gewicht am Ende an die Achse des Rades befestigt würde, so würde der Strick auf die Achse gewunden und das Gewicht könnte gehoben werden, mit andern Worten, es kann durch die Drehung des Rades eine bestimmte Arbeit verrichtet werden, wir haben so ein ungefähres Maß der Kraftmenge, die vom Strom an das Rad abgegeben worden ist.

Die Maschinerie der Mühle ist einfach eine Vorrichtung zur Übertragung der im Wasserrade aufgespeicherten Kraft nach der Stelle, wo Arbeit verrichtet

Digitized by Google

werden muß. In einer Mehlmühle überträgt z. B. eine Anzahl von Rädern die Kraft auf die Mahlsteine, welche sie in Bewegung setzt.

30. Die Eigenschaften des Wassers sind unter gleichbleibenden Verhältnissen unveränderlich (constant).

Fangen wir während eines Regenschauers einiges Wasser auf, so finden wir, daß es alle oben beschriebenen Eigenschaften besitzt. Es stellt sich heraus, daß es eine kaum zusammenpreßbare Flüssigkeit ist, von welcher ein Liter ein Kilo wiegt. Es würde keinen Unterschied ausmachen, ob das Regenwasser in Afrika oder in Neuseeland gesammelt oder ob es vor Jahrhunderten aufgefangen und seitdem in Flaschen aufbewahrt worden wäre. Und wir dürfen aller Wahrscheinlichkeit nach annehmen, daß Regenwasser noch nach hundert oder tausend Jahren dieselben Eigenschaften besitzt. Soweit die Eigenschaften des Regenwassers in Frage kommen, bleiben sie unveränderlich.

Damit soll nicht gesagt sein, daß die Eigenschaften des Wassers unter allen Umständen immer dieselben seien; denn die Eigenschaften der Substanz Wasser sind sehr veränderlich je nach den Umständen, denen sie ausgesetzt sind; unter denselben Bedingungen bleiben sie jedoch gleich, so daß wir dennoch sagen können, daß, soweit das Wasser in Frage kommt, seine Eigenschaften unveränderlich sind.

31. Zunehmende Wärme verursacht zuerst die Zunahme des Volumens des Wassers.

Wir haben gesehen, daß ein bestimmtes Gewicht Wasser unter denselben Bedingungen immer dasselbe

Digitized by Google

Volumen hat. Die wichtigste dieser Bedingungen ist die Wärme oder Kälte, welcher es ausgesetzt ist. Wasser, das einige Zeit in einem warmen Zimmer gestanden hat, verringert sein Volumen oder zieht sich zusammen, wenn es in einen kalten Raum gebracht wird; während sein Volumen zunimmt oder sich ausdehnt, wenn es erhitzt wird. Ebenso verhält es sich mit Quecksilber, Spiritus und Flüssigkeiten im allgemeinen. Ein Thermometer ist einfach ein kleines Gefäß: eine Glaskugel mit einem langen, engen Halse (der Röhre) mit so viel Quecksilber oder Spiritus gefüllt, daß diese Flüssigkeiten noch eine kleine Strecke in den Hals reichen. Wird die Flüssigkeit in der Kugel erwärmt, so wird ihr Volumen vergrößert; es fließt in die Röhre über und steigert die Höhe der Flüssigkeitssäule in derselben. Wenn anderseits die Flüssigkeit in der Kugel abgekühlt wird, so wird dadurch ihr Volumen verringert, und indem es sich zusammenzieht, fließt die Flüssigkeitssäule aus der Röhre in die Kugel zurück und das obere Ende der Säule verkürzt sich.

Wenn man an der Röhre oder einer daran befestigten Skala an der Stelle ein Zeichen macht, welche die Flüssigkeit erreicht, wenn die Kugel in kochendes Wasser gehalten wird und ein anderes Zeichen an der Stelle, bis zu welcher sie herabsinkt, wenn die Kugel in gefrierendem Wasser ist und man teilt den Raum zwischen den beiden Zeichen in 100 gleiche Teile, so ist jeder dieser Teile ein sogenannter „Grad" auf den bei uns gewöhnlich benutzten Thermometern

Digitized by Google

(Celsius genannt). Der Siedepunkt ist also 100 Grad und der Gefrierpunkt 0 Grad. Bei derselben Wärme steht die Flüssigkeit in der Röhre immer auf demselben Grad und das Instrument mißt daher die Temperatur.

Daß heißes Wasser leichter ist, als kaltes, kann man leicht sehen, wenn ein Bad aus zwei Hähnen gefüllt wird, aus denen das Wasser zu gleicher Zeit strömt, aus dem einen kaltes, aus dem andern warmes. Rührt man das Wasser nicht um, so wird das Bad oben viel wärmer sein, als auf dem Boden. Ein Liter Wasser wiegt ein Kilogramm, jedoch nur bei einem gewissen Wärmegrad, nämlich 4 Grad Celsius; wird es mehr erhitzt, so nimmt das Volumen zu und das spezifische Gewicht ab.

Aus diesem Grunde wurde in § 22 gesagt, daß das Gewicht desselben Volumens von Wasser unter denselben Bedingungen sich gleich bleibt, und wir müssen dies im Auge behalten, wenn wir sagen, daß ein Kubikzentimeter Wasser ein Gramm wiegt. Dies gilt im strengsten Sinne zwar nur bei einer Temperatur von 4 Grad Celsius; wir können aber dies Verhältnis bei allen praktischen Zwecken auch für eine mäßige mittlere Temperatur überhaupt gelten lassen.

32. Zunehmende Wärme verwandelt das Wasser schließlich in Dampf.

So werden also die Eigenschaften des Wassers schon durch eine geringe Erwärmung desselben verändert. Wird es stärker erhitzt, so treten noch größere Ver-

Digitized by Google

änderungen ein. Wir wissen, was geschieht, wenn ein Gefäß mit Wasser aufs Feuer gestellt wird. Das Wasser wird heißer und heißer, dann beginnt es gelinde zu kochen und schließlich, wenn es gegen 100 Grad Celsius erreicht, verkocht es in Dampf, der in die Luft steigt und verschwindet. Setzt man das Kochen lang genug fort, so verschwindet alles Wasser. Erst scheint es, als wäre das Wasser durch die Hitze vernichtet worden, thatsächlich ist aber nicht das kleinste Wasserteilchen vernichtet. Es hat einfach seinen Zustand verändert. Die Hitze hat es aus flüssigem Wasser in gasiges Wasser, Dunst oder Dampf, verwandelt.

Versuchen wir dasselbe Experiment mit einem Theekessel, thun aber nur wenig Wasser hinein und schließen den Deckel fest. Sobald das Wasser zu kochen beginnt, wird der Dampf zur Ausgußröhre in einem Strahl herausströmen und das geht so lange fort, als noch Wasser im Kessel ist.

Der Dampf ist, wenn er der Röhre entströmt, so heiß, daß er, wenn wir einen Finger hineinhalten, denselben verbrüht. Wir können uns aber auch von der Hitze des Dampfes überzeugen, ohne unsern Finger zu verbrühen, indem wir eine Stange Siegellack hineinhalten. Es wird gerade so weich werden, als ob wir es vor ein Licht hielten. Und wenn wir durch den Dampf sehen, gerade wo er die Röhre verläßt, ist er ganz durchsichtig, erst ein Stückchen von derselben entfernt, verliert er seine Durchsichtigkeit, verwandelt sich in eine weiße, undurchsichtige Wolke und verschwindet schnell in der Luft.

Digitized by Google

33. Entzieht man dem Dampf die Wärme, so verwandelt er sich wieder in heißes Wasser.

Nun wollen wir einen kalten Löffel oder kalten Teller für einen Augenblick gegen den Dampfstrom halten. Nehmen wir ihn weg, so finden wir, daß er ganz naß ist, mit warmen Wassertropfen bedeckt und noch mehr: der kalte Löffel oder Teller ist warm geworden. Und wenn wir eine lange, kalte Metallröhre an die Ausgußöffnung des Theekessels befestigen, so finden wir, daß gar kein Dampf aus dem Ende der Röhre quillt, sondern nur Wasser, während die Röhre erwärmt wird.

So geht die Hitze von dem Feuer in das Kochgefäß oder den Theekessel über und von da auf das in demselben enthaltene Wasser; das Wasser wird heißer und heißer, und wenn es eine gewisse Menge von Hitze angenommen hat, wird es Dampf oder Wasserdunst. Trifft der Dampf auf einen kalten Teller oder wird er durch eine kalte Röhre geleitet, so giebt er die aufgenommene Hitze an den Teller oder das Metall der Röhre ab. Sie nehmen die Hitze ab, welche das Wasser im Zustande von Dampf erhielt, und so geht es wieder in den Zustand einer Flüssigkeit über.

So sind Dampf und Wasser zwei Zustände desselben Körpers, Wasser; sie sind Wirkungen des Grades von Hitze, den das Wasser in sich aufgenommen hat.

34. Wenn Wasser in Dampf verwandelt ist, wird sein Volumen ungefähr 1700 Mal größer, als es vorher war.

Könnten wir das Wasser messen und wiegen, ehe wir es kochen und dann allen Dampf wiegen, in

Digitized by Google

den die Hitze des Feuers es verwandelt, so würden wir finden, daß der Umfang des Dampfes fast 1700 Mal größer ist, als der Umfang des Wassers, obgleich das Gewicht des Dampfes dem des Wassers ganz gleich bleibt. Hätten wir ein kleines, würfelförmiges Gefäß, dessen inneres nach allen Seiten hin gerade einen Zentimeter mißt, so würde das Gefäß einen Kubikzentimeter Wasser halten. Würde dieses Gefäß voll Wasser erhitzt, bis alles Wasser in Dampf verwandelt wäre, so würde der Dampf über $1^2/_3$ Liter Raum einnehmen. Ein Kubikzentimeter Wasser wiegt ein Gramm und der Dampf, in welchen es verwandelt ist, wiegt genau ebenso viel. Wir können also sagen, daß Dampf Wasser ist, das durch Hitze in ein Gas verwandelt wurde, welches eine 1700 Mal geringere spezifische Schwere als Wasser besitzt. Wird anderseits ein Liter Dampf abgekühlt, so wird er in eine Wassermenge verwandelt, die nur $^1/_{1700}$ eines Liters mißt, obwohl dieselbe gerade soviel wiegt, als der ganze Liter Dampf. Der Dampf ist also zu $^1/_{1700}$ seines Volumens *verdichtet*.

Die Kraft, mit welcher sich das Wasser ausdehnt, wenn es in Dampf verwandelt wird, ist sehr groß. Wenn wir die Ausgußöffnung des Theekessels zustopften, so würde der Dampf, der versucht, sich im Innern auszudehnen, den Deckel aufsprengen, und befestigten wir den Deckel, so würde der Dampf bald den ganzen Theekessel sprengen. Man hört manchmal, daß die starken Dampfkessel von Dampfmaschinen auf diese Weise gesprengt werden.

Digitized by Google

35. Gase oder elastische Flüssigkeiten. Luft.

Gießen wir in eine Glasflasche mit langem Halse und offener Mündung Wasser, bis es zum obersten Rand steigt, so sagen wir, die Flasche ist voll Wasser. Gießen wir nun das Wasser aus, so sagen wir, die Flasche ist leer. Ist sie aber leer? Wir wollen die Flasche mit der Mündung nach unten in einen Glaskrug voll Wasser drücken. Wäre die Flasche leer, so wäre kein Grund vorhanden, warum das Wasser nicht in den Hals der Flasche eindringen und innerhalb desselben eben so hoch stehen sollte, als außerhalb. Nehmen wir eine an beiden Seiten offene „leere" Glasröhre und drücken sie in das Wasser, so wird das Wasser innen und außen gleich hoch stehen. Pressen wir aber unsern Finger auf das obere Ende der Röhre und verwandeln es dadurch in ein geschlossenes Gefäß, so wird das Wasser am unteren Ende nur ganz wenig eindringen. Ebenso ist es mit der Flasche: das Wasser dringt auch nur ganz wenig in den Hals ein. Hieraus folgt, daß etwas in der „leeren" Röhre und in der „leeren" Flasche ist; etwas körperliches, denn es nimmt Raum ein und leistet Widerstand. Die Flasche ist nämlich mit der Materie angefüllt, welche Luft genannt wird, und von der ein dicker Mantel als Atmosphäre die Erde umgiebt. Luft hat, wie wir später erfahren werden, Gewicht, und daß Luft, die in Bewegung ist, diese Bewegung auf andere Körper übertragen kann, wird durch die Wirkungen der Winde bewiesen, welche nichts anderes sind, als bewegte Luft.

Digitized by Google

Luft besitzt also alle Eigenschaften einer Materie. Sie ist überdies eine Flüssigkeit; denn sie paßt sich genau der Form eines sie enthaltenden Gefäßes an; ihre Teile werden leicht in Bewegung gesetzt, sonst würden wir, so oft wir ein Glied rührten, ihren Widerstand empfinden; daß sie „fließt", kann man bei jedem Atemzuge sehen oder wenn man einen Blasebalg benutzt, aus dem die Luft in einem Strom hinausgetrieben wird, und sie drückt von allen Seiten auf einen in ihr enthaltenen Gegenstand.

Die Luft, die wir oben eine Flüssigkeit genannt haben, ist jedoch nicht eine tropfbare Flüssigkeit, wie sie das Wasser ist (15). Erstens ist sie sehr zusammenpreßbar. Wir sahen, daß das Wasser bei dem vorhergehenden Versuche ein wenig in den Hals der Flasche oder in die Röhre eindrang. Der Grund hiervon ist, daß das Wasser die Luft in ein geringeres Volumen zusammenpreßte. Ein Beutel voll Luft, wie z. B. ein gewöhnliches Luftkissen, kann gepreßt werden, bis die Luft in seinem Innern ein viel kleineres Volumen einnimmt, und wenn wir eine Spritze voll Luft ebenso behandeln, wie wir die Spritze voll Wasser behandelten, so werden wir finden, daß der Stempel, wenn er genau hineinpaßt, ein Stück hineingetrieben werden kann und dann wieder zurückspringt. Luft ist also nicht nur eine zusammenpreßbare, sondern auch eine elastische Flüssigkeit oder ein Gas. Wärme dehnt die Luft gerade so aus, wie sie Wasser ausdehnt, nur daß bei demselben Wärmegrad die Ausdehnung der Luft weit größer ist.

Digitized by Google

36. Wasserdampf ist eine elastische Flüssigkeit oder ein Gas.

Allen eben erwähnten Eigenschaften nach ist Wasser in der Gestalt von Dampf ein Gas, wie die Luft.

Wird etwas Wasser in die im vorigen Abschnitt erwähnte Flasche gethan, so enthält aller „leer" gebliebene Raum Luft. Wird nun die Flasche erhitzt, so kocht schließlich das Wasser, es bilden sich Dampfbläschen in demselben und platzen an der Oberfläche. Allmählich wird die Luft, die zuerst oberhalb des Wassers lag, herausgetrieben, und wenn man die Erhitzung fortsetzt, füllt sich der „leere" Raum mit gasartigem Wasser, welches farblos und durchsichtig, wie die Luft ist. Der Dampf strömt aus der Mündung der Flasche immer noch als klares, farbloses Gas; er kühlt sich aber bald ab und wird zu einer Wolke von kleinen, flüssigen Wasserteilchen verdichtet.

Wasserdampf ist leichter als Luft, daher steigt er in der Luft, gerade so wie Körper, welche leichter als Wasser sind, im Wasser steigen.

37. Gase und Dämpfe.

Luft ist im kältesten Winter, wie im heißesten Sommer ein Gas. Luft kann jedoch flüssig gemacht werden, wenn sie einer sehr niedrigen Temperatur ausgesetzt und zu gleicher Zeit einem großen Druck unterworfen wird. So sind also Gase, wie die Luft, welche nur unter großen Schwierigkeiten verdichtet werden können, und solche, wie der Wasserdampf, die sich leicht verdichten, nur dem Grade nach verschieden.

Digitized by Google

Trotzdem empfiehlt es sich, solche Gase, welche als Dämpfe leicht verdichtet werden, von den übrigen Gasen zu unterscheiden. Bei dem, was wir gewöhnlich Dampf nennen, bleibt das Wasser, aus welchem er besteht, nur bei oder über dem Siedepunkt (100 Grad Celsius) gasförmig. Kühlt es sich nur um ein geringes ab, so wird das meiste davon in heißes, flüssiges Wasser verdichtet. Wir dürfen jedoch nicht vergessen, daß, obgleich diese besondere Gestalt von gasförmigem Wasser, die wir Dampf nennen, nur bei und über dem Siedepunkt vorkommt, dennoch Wasser bis hinunter zum Gefrierpunkt in gasförmigem Zustande vorkommt.

Nehmen wir an, unsere Flasche enthielte nichts als Wasser und Dampf, die Mündung würde darauf verstopft und die Lampe entfernt. So lange die Temperatur des Ganzen auf dem Siedepunkt bleibt, wiegt jeder Kubikzentimeter von Dampf über dem Wasser in der Flasche 0,00051 Gramm. Angenommen, die Flasche fasse, abgesehen von dem durch das Wasser eingenommenen Raum, einen Kubikdezimeter oder einen Liter, dann wird das darin enthaltene gasförmige Wasser 0,51 Gramm wiegen. Läßt man nun die Flasche abkühlen, so verdichtet sich mehr und mehr von dem gasförmigen Wasser zu flüssiger Masse, aber selbst bis zum Gefrierpunkt hinunter bleibt etwas Wasser in gasartigem Zustande und wird den vom Wasser freigelassenen Raum in der Flasche ausfüllen. Beim Wärmegrad des Blutes (gegen 37 Gr. C.) wiegt das gasförmige Wasser nur ungefähr 0,034 Gr., obgleich es noch einen Kubik-

Digitized by Google

dezimeter einnimmt. Bei der gewöhnlichen, mittleren Lufttemperatur wiegt es nur 0,011 Gramm, während das Gewicht beim Gefrierpunkt nur 0,008 Gramm beträgt. Da dasselbe Volumen von gasförmigem Wasser weniger wirkliches Gewicht an Wasser hat, je mehr die Temperatur fällt, so folgt daraus, daß die Dichtigkeit oder die spezifische Schwere des gasförmigen Wassers geringer sein muß, je niedriger die Temperatur ist. Während gasförmiges Wasser oder Dampf beim Siedepunkt einer Zusammenpressung eben so sehr Widerstand leistet, als die Luft, ist es desto leichter zusammenpreßbar, je mehr die Temperatur fällt.

Nehmen wir an, es ist ein Kautschukbeutel an die Ausgußröhre eines Theekessels voll kochenden Wassers gebunden. Wird der Beutel so heiß wie das kochende Wasser gehalten, so dehnt er sich ganz aus und behält seine Gestalt trotz des Luftdruckes von außen. Nimmt man den Beutel weg, so bleibt er aufgeblasen so lange, als er so heiß wie kochendes Wasser ist. Läßt man ihn jedoch abkühlen, so wird er allmählich flacher werden, indem die Luft von außen das weniger Widerstand leistende gasförmige Wasser der niedrigeren Temperaturen zusammenpreßt. Darum strömt die Luft mit großer Heftigkeit in die abgekühlte Flasche, sobald sie geöffnet wird.

38. Die Verdunstung von Wasser bei gewöhnlicher Temperatur.

Gießt man etwas Wasser in eine Untertasse und läßt dieselbe in einem kühlen Zimmer oder in der

Digitized by Google

freien Luft stehen, so verschwindet das Wasser, wie wir wissen, früher oder später. Nasse Wäsche, die auf einer Leine hängt, trocknet bald — das heißt, das derselben anhaftende Wasser verschwindet oder verdunstet. Das Verschwinden des Wassers wird unter diesen Umständen durch die eben erwähnte Eigenschaft bewirkt. Es wird zu gasförmigem Wasser, dessen Dichtigkeit im bestimmten Verhältnis zur Temperatur steht und mischt sich als solches mit der Luft, wie jedes andere Gas. Und da das Meer, Seen und Flüsse fortwährend im Verhältnis zu der Temperatur gasförmiges Wasser an die Luft abgeben, so ist es nicht wunderbar, daß die Luft immer gasförmiges Wasser enthält.

Man nennt Luft feucht, wenn eine gegebene Luftmenge, sagen wir ein Kubikmeter, soviel oder fast soviel Wasser in gasförmigem Zustand enthält, als diese Luftmenge bei bestimmter Temperatur überhaupt enthalten kann. Sinkt dann diese Temperatur nur ein wenig, so schlägt sich ein Teil des in der Luft enthaltenen gasförmigen Wassers als flüssiges Wasser nieder. Dies sehen wir bei feuchtem, heißem Wetter, wenn die Außenseite eines Glases voll frischen, kalten Wassers sofort anläuft. Das gasförmige Wasser wird durch die unmittelbare Berührung mit dem Glase bis zu einem Grade abgekühlt, bei welchem es als Gas nicht mehr bestehen kann und der Überschuß wird als Tau abgesetzt. An solchen Tagen trocknet nasse Wäsche nicht gut, da schon so viel gasförmiges Wasser in der Atmosphäre enthalten ist, als sie, bei dem vom Thermometer angezeigten Grade von Wärme, enthalten kann.

Digitized by Google

39. Wenn heißes Wasser abgekühlt wird, zieht es sich zuerst zusammen, dehnt sich aber nach einiger Zeit wieder aus.

Wir haben gesehen, was für wunderbare Verwandlungen durch die Erhitzung von Wasser vor sich gehen. Erst dehnt es sich allmählich und nur wenig aus; wenn es jedoch den Siedepunkt erreicht, dehnt es sich plötzlich ganz gewaltig aus und ist nicht mehr eine Flüssigkeit, sondern ein Gas.

Wenn sich dagegen warmes Wasser abkühlt, so zieht es sich allmählich zusammen, bis es die gewöhnliche Temperatur von Luft bei mildem Wetter erreicht. Ist aber das Wetter sehr kalt oder wird das Wasser künstlich abgekühlt, so zieht es sich nur bis zu einem gewissen Grade (4 Grad Celsius) zusammen und beginnt dann wieder, sich auszudehnen. In dieser Eigenheit weicht das Wasser von allen andern Körpern ab, die bei gewöhnlicher Temperatur flüssig sind. Die Temperatur von 4 Grad ist also diejenige, bei welcher reines Wasser seine größte Dichtigkeit oder spezifische Schwere besitzt und Wasser ist bei dieser Temperatur schwerer, Volumen gegen Volumen, als dasselbe Wasser bei jeder anderen Temperatur. Wird also das Wasser auf der Oberfläche eines Gefäßes zu dieser Temperatur abgekühlt, so fällt es zu Boden, und kühlt man das Wasser auf dem Boden des Gefäßes unter diese Temperatur ab, so steigt es in die Höhe.

40. Wenn Wasser noch mehr abgekühlt wird, so wird es zu durchsichtigem, zerbrechlichem, festem Eise.

Stellen wir unser Glas Wasser in einer kalten Winternacht vor die Thüre, so wird es allmählich kälter,

Digitized by Google

bis es eine Temperatur von 4 Grad angenommen hat. Kühlt es sich noch unter diese Temperatur ab, so wird das so abgekühlte Wasser sich wegen seiner geringeren Dichtigkeit allmählich auf der Oberfläche ansammeln und seine Temperatur fallen, bis das hinein gehaltene Thermometer 0 Grad zeigt. Sobald dieses obere Wasser sich nur ein wenig unter 0 Grad abkühlt, wird sich darauf ein Häutchen, wie Glas, bilden durch die Verwandlung vom kältesten flüssigen Wasser in festes Wasser, oder Eis. Und wenn sich alles Wasser zu demselben Grad abkühlt, wird alles allmählich in dieselbe Substanz übergehen.

In diesem Zustande ist Wasser fest. Es nimmt Raum ein, bietet Widerstand, hat Gewicht und überträgt Bewegung, gleich dem Wasser; stürzen wir es aber aus dem Glase auf eine kalte Unterlage, so behält es seine Gestalt unverändert bei. Pressen wir es zusammen, so zeigt es sich als sehr hart und unnachgiebig, und wird der Druck gesteigert, so zerbricht es wie Glas. Es kann auf diese Weise zu Pulver zermalmt und gleich Sand gehäuft werden.

Wie eine Menge von Dampf genau so viel wiegt, als das Wasser, welches durch Wärme in Dampf verwandelt wurde, so hat auch das Eis dasselbe Gewicht als das Wasser, welches durch Wärmeentziehung in das Eis verwandelt wurde.

41. Eis hat geringeres spezifisches Gewicht als das Wasser, aus dem es entstand.

Obgleich das Eis im Glase dasselbe Gewicht als das Wasser hatte, besitzt es doch nicht dasselbe Volumen.

Digitized by Google

Die Ausdehnung, welche bei 4 Grad begann, setzt sich fort, und wenn das Wasser in den festen Zustand übergeht, ist sein Volumen ungefähr $^1/_{11}$ größer, als es bei 4 Grad war. Nehmen wir Wasser bei dieser Temperatur als 1,0, so hat Eis eine spezifische Schwere von 0,916.

Trotzdem das Wasser im Gefrieren sich nur in so geringem Grade ausdehnt, so gleicht es dem Dampf in der gewaltigen Kraft, mit welcher es sich ausdehnt. Wenn wir ein eisernes Gefäß mit Wasser füllen, die Öffnung fest zuschrauben und dann an einen kalten Ort stellen, wo das Wasser gefrieren kann, so wird das gefrierende Wasser die eisernen Wände des Gefäßes sprengen. Wir wissen, daß, wenn der Winter streng ist, die Röhren, welche dem Hause das Wasser zuführen, oft zerplatzen. Dies geschieht, weil das Wasser in denselben gefriert und, da es keinen Ausweg hat, dieselben sprengt, gerade so, wie wir eine Jacke zerplatzen, die uns zu eng ist, und in welcher wir uns strecken oder dehnen.

Auf den kahlen Gipfeln der Berge oder den dem Wetter ausgesetzten Klippen werden jeden Winter die härtesten Felsen gespalten und zerbrochen, gerade als ob die Steinhauer an denselben gearbeitet hätten. Im Sommer fällt der Regen in die kleinen Felsspalten, und setzt sich als Feuchtigkeit in denselben fest. Dann kommt der Winter mit seiner Kälte, das Wasser gefriert und verursacht das Bersten der Felsen gerade so, wie es die Wasserröhren sprengt.

Digitized by Google

42. Frost oder Reif ist das in der Atmosphäre enthaltene gasartige Wasser, welches in Eiskristalle verwandelt worden ist.

In der Winterzeit fällt uns an einem klaren, kalten Abend oft auf, daß die Spitzen der Bäume und Häuser mit einem weißen Pulver, Reif genannt, bedeckt sind, und wenn wir erwachen, sehen wir an den Fensterscheiben unserer Schlafstube schöne Figuren, gleich zierlichen Pflanzen. Nehmen wir ein wenig von dem Reif, oder schaben etwas von dem Stoff, der die Fensterscheibe wie mattes Glas erscheinen läßt, so finden wir, daß es in unserer Hand zu Wasser zerschmilzt. Es ist thatsächlich Eis, und wenn wir die Figuren auf der Fensterscheibe mit einem Vergrößerungsglase betrachten, sehen wir, daß sie aus winzigen Stückchen Eis von ausgeprägter Gestalt in bestimmten Mustern zusammengesetzt sind. Jedes dieser so ausgeprägt geformten Eisstückchen ist auf folgendem Wege entstanden: die Luft im Zimmer ist viel wärmer, als die Luft draußen und ist mit fast ebensoviel, durch Ausatmen und der Verdunstung feuchter Oberflächen gewonnenem Wasser gemischt, als sich in der Temperatur im gasförmigen Zustand erhalten kann. Die dünnen Glasscheiben werden von der Außenluft abgekühlt, und das gasartige Wasser im Zimmer wird natürlich, wenn es mit den kalten Fensterscheiben in Berührung kommt, auf denselben zu kleinen Tropfen kalten Wassers verdichtet. Die Scheiben werden kälter und kälter, diese winzigen Tröpfchen gefrieren schließlich und das Wasser wird nicht nur fest, sondern es kristallisiert, d. h.

Digitized by Google

die kleinen, festen Körper nehmen mehr oder weniger regelmäßige, geometrische Formen mit glatten Flächen an, welche in Winkeln gegen einander geneigt sind, so daß sie Stückchen Glas gleichen, die nach besonders festgestellten Mustern geschnitten sind. Alles Eis ist thatsächlich Kristall, aber im Eis, das sich von dicken Wasserschichten gebildet hat, sind die Kristalle so fest auf einander gepackt, daß man sie nicht einzeln unterscheiden kann.

43. Wenn Eis erwärmt wird, beginnt es sich wieder in Wasser zu verwandeln, sobald es die Temperatur von 0° erreicht.

Ein Klumpen Eis, den wir bei sehr kaltem Wetter aus dem Freien bringen, hat ungefähr eine Temperatur von einem, zwei oder mehr Grad unter 0 Grad. Bringt man einen solchen Klumpen in eine warme Stube, so wird er allmählich wärmer, bleibt aber sonst unverändert, bis er zu 0 Grad erwärmt ist. Dann beginnt er zu schmelzen und bleibt bei 0 Grad, so lange er schmilzt, und das von ihm ablaufende Wasser hat zuerst auch 0 Grad.

Werfen wir einen Klumpen Eis in die Mitte eines heißen Feuers, so behält es, so lange noch ein Stückchen übrig bleibt, eine Temperatur von 0 Grad. Dieser Thatsache entspricht eine andere, welche wir beobachteten, als Wasser bis zum Siedepunkte erhitzt wurde. So lange noch etwas nicht in Dampf verwandeltes Wasser übrig bleibt, wird es nicht heißer, selbst der Dampf hat anfänglich nur 100 Grad.

Digitized by Google

44. Eis, die feste Masse, Wasser, die Flüssigkeit, und Dampf, das Gas, sind drei Formen oder Zustände eines Naturgegenstandes; die Bedingung jeder Form ist ein bestimmter Grad von Wärme.

Eis, flüssiges Wasser und Dampf sind so grundverschieden, wie nur drei Dinge sich von einander unterscheiden können. Was meinen wir denn nun, wenn wir sagen, sie wären drei Zustände einer Substanz, des Wassers?

Was wir wirklich meinen, ist folgendes: wenn wir eine gegebene Menge Wasser, z. B. einen Kubikzentimeter, nehmen, und sie erst in Eis, dann in Dampf verwandeln, so bleibt durch all' diese Übergänge hindurch etwas genau dasselbe. Dieses Etwas ist erstens das Gewicht der Materie. Das Wasser wiegt ein Gramm; das Eis, in welches es verwandelt wurde, wiegt ein Gramm und der daraus hervorgebrachte Dampf wiegt auch ein Gramm. Zweitens würde dieselbe Kraft das Eis, das Wasser und den Dampf veranlassen, sich mit derselben Schnelligkeit zu bewegen, und wenn sie in Bewegung gesetzt sind, würden sie auf jeden beweglichen Gegenstand, gegen den sie stoßen, dieselbe Wirkung ausüben. Drittens erfahren wir, wenn wir Chemie lernen, daß Eis, Dampf und das flüssige Wasser dasselbe Gewicht derselben beiden Gase, Sauerstoff und Wasserstoff und nichts anderes abgeben. Jeder Kubikzentimeter Wasser, 1700 Kubikzentimeter Dampf und $1^1/_{11}$ Kubikzentimeter Eis geben $^1/_9$ oder 0,111... Gramm Wasserstoff und $^8/_9$ oder 0,888... Gramm Sauerstoff. Da zwischen einer ge-

Digitized by Google

gebenen Menge Waſſer und dem Eis oder Dampf, in welche es verwandelt werden kann, nicht der geringſte Gewichtsunterſchied iſt, ſo iſt es klar, daß die Wärme, die dem Waſſer hinzugefügt oder entzogen wird, um die verſchiedenen Zuſtände hervorzubringen, kein Gewicht beſitzen kann. Wenn alſo die Wärme eine Materie iſt, iſt ſie jedenfalls eine Materie ohne Gewicht, und daher wurde ſie in früheren Zeiten eine unwägbare Subſtanz genannt. Man hielt ſie für eine Art von Gas, Caloric genannt, das kein Gewicht beſäße und die Teilchen der Körper, in welche ſie, wenn ſie erhitzt wurden, eindrang, auseinander triebe und ſie wieder ſich vereinigen ließe, wenn ſie dieſelben verließ und ſie ſich abkühlten.

45. Die Erſcheinungen der Wärme ſind die Wirkungen einer rapiden, d. h. einer ungeheuer ſchnellen Bewegung der Teilchen der Materie.

Soviel iſt ſicher, daß Wärme durch Bewegung hervorgebracht werden kann. Jedes Kind weiß, daß man einen Metallknopf durch ſtarkes Reiben ganz heiß machen kann. Ein geſchickter Schmied kann ein Stück Eiſen bis zum Rotglühen hämmern. Die Achſen der Räder werden glühend, wenn ſie gegen ihre Kapſeln reiben und nicht genügend geſchmiert ſind; ſelbſt zwei Stücke Eis können geſchmolzen werden, indem man ſie gegen einander reibt und ſo Hitze erzeugt. Und es giebt, wie wir beim Studium der Phyſik lernen werden, noch eine genügende Anzahl von Gründen für die Annahme, daß die Empfindung, welche wir Wärme nennen und

Digitized by Google

alle Phänomene, die wir der Wärme zuſchreiben, die Wirkungen der rapiden Bewegung der Materie ſind.

Übrigens kann ein ruhender Körper erhitzt werden, ohne den geringſten Grad von Bewegung zu zeigen. Die Waſſerfläche im Glaſe iſt bei 50 Grad gerade ſo unbewegt als bei 0 Grad. Was meint man nun, wenn man ſagt, Wärme iſt eine Art von Bewegung, und daß der Grad von Bewegung im Körper deſto größer iſt, je größer die Wärme iſt?

Die Antwort auf dieſe Frage iſt, daß die Bewegung, welche die Erſcheinung der Wärme erzeugt, nicht eine ſichtbare Bewegung der ganzen Maſſe des heißen Körpers iſt, ſondern eine Bewegung der einzelnen kleinſten Teilchen oder Partikeln, aus denen er zuſammengeſetzt iſt. Jedes Teilchen bewegt ſich nicht gerade fort, ſondern auf derſelben Stelle rückwärts und vorwärts, ſo daß man die Bewegung ungefähr mit der eines Pendels oder der Unruhe in einer Taſchenuhr vergleichen kann. Es iſt im Grunde eine Art vibrierender oder ſchwingender Bewegung; jede Schwingung findet innerhalb einer ganz kleinen Strecke und mit ungeheurer Schnelligkeit ſtatt. Die Empfindung von Wärme wird durch die vibrierenden Bewegungen der kleinſten Teilchen der Materie erzeugt, gerade wie auch ein Schall auf dieſe Weiſe erzeugt wird. Die Zinken einer Stimmgabel, welche angeſchlagen worden iſt, vibrieren ſicher; denn bei tiefen Noten können wir die Schwingungen ſogar ſehen. Wenn wir nun unſer Ohr an das Ende eines langen Holzbalkens legen und den Griff der vibrierenden Stimmgabel an das andere

Digitized by Google

Ende bringen, so teilt sich die vibrierende Bewegung der Stimmgabel allen Partikeln des Holzes mit und wird laut hörbar sein. So lange der Schall hörbar ist, vibrieren die Partikeln des Holzes. Trotzdem bewegt sich das Holz als Ganzes nicht, seine Teilchen schwingen aber durch einen so winzigen Raum vorwärts und rückwärts, daß ihre Bewegung nicht wahrnehmbar ist.

Was sind aber diese Partikeln oder kleinsten Teilchen von Materie, welche durch ihre Schwingung das Phänomen der Hitze verursachen?

46. Die Zusammensetzung des Wassers.

Wir haben gesehen, daß reines Wasser vollkommen klar und durchsichtig ist. Das bloße Auge kann keinen Unterschied zwischen den einzelnen Teilchen wahrnehmen. Es hat, mit andern Worten, kein sichtbares Gewebe oder Struktur. Hieraus folgt nicht, daß es wirklich keine besitzt; denn es giebt viele Dinge, welche durchgehend gleichmäßig zu sein scheinen, oder homogen und doch eine Zusammensetzung zeigen, wenn man sie durch ein Vergrößerungsglas betrachtet. So erscheint die Oberfläche eines Blattes feinen, weißen Papieres dem Auge vollkommen glatt und gleichmäßig; aber schon ein schwaches Vergrößerungsglas zeigt die winzigen holzartigen Fasern, aus denen es besteht, während unter einem guten Mikroskop das Papier wie ein grobes Flechtwerk aussieht.

Thun wir einen kleinen Tropfen Wasser auf einen Glasstreifen, wie er für mikroskopische Objekte gebraucht wird, und bedecken ihn mit einem ganz dünnen

Digitized by Google

Glas, so daß sich der Tropfen zu einem Häutchen von viel weniger, als $^1/_{1000}$ Millimeter Dicke ausbreitet, so kann es mit dem stärksten uns zu Gebote stehenden Vergrößerungsglas betrachtet werden und sieht immer noch vollständig homogen aus und zeigt ebenso wenig, daß es aus abgesonderten Teilchen besteht, als vorher. Dies ist aber immer noch kein Beweis dafür, daß das Wasser nicht aus kleinen Teilen oder Partikeln, die gänzlich von einander verschieden sind, zusammengesetzt ist. Es mag nur bedeuten, daß diese Partikeln so außerordentlich klein sind, daß sie selbst mit Hilfe eines Mikroskopes, welches 4 bis 500 mal im Durchmesser vergrößert, nicht unterschieden werden können.

Es ist sicher, daß feste Körper in so winzige Partikeln geteilt werden können, daß selbst das beste Mikroskop ihre Spur nicht nachweisen kann. Gewöhnliches Mastixharz kann durch Wasser nicht aufgelöst werden; es löst sich aber leicht in starkem Spiritus oder Alkohol und Mastixfirniß ist eine alkoholische Lösung von Mastix. Fügen wir zu dem Mastixfirniß etwas Wasser hinzu, so fällt der Mastix oder *schlägt sich nieder* als eine geronnene Masse von sehr sichtbaren weißlichen Teilchen. Wird jedoch ein Tropfen von dem Lack zu ziemlich viel Wasser, etwa einem halben Liter, hinzugefügt und tüchtig geschüttelt, so ist der Mastix, trotzdem er immer noch als ein Niederschlag vorhanden ist, doch in einem Zustande von außerordentlich feiner Zerteilung. Keine abgesonderten, festen Partikeln des Mastix sind dem bloßen

Digitized by Google

Auge wahrnehmbar; das Wasser nimmt aber eine schwache milchartige Färbung an.

Dieses Milchartige rührt von den im Wasser vorhandenen festen Partikeln von Mastix her, und dennoch kann, wenn der Versuch richtig gemacht wird, ein Tropfen der Flüssigkeit wie vorher auf einem Glasstreifen ausgebreitet und mit dem stärksten Vergrößerungsglase untersucht werden, und man wird keine solche Partikeln wahrnehmen. So weit lediglich unser Gesichtssinn in Betracht kommt, könnte der Tropfen ausschließlich aus Wasser bestehen. Unsere besten Mikroskope können uns ganz deutlich Körperchen von $^1/_{4000}$ Millimeter Durchmesser zeigen und feste, undurchsichtige Teilchen von weit geringerer Größe würden sich wahrscheinlich als eine Trübung bemerkbar machen. Die Teilchen des Mastix müssen daher noch viel kleiner sein, da sie unsichtbar bleiben. Hieraus folgt, daß, wenn das Wasser aus abgesonderten Partikeln oder Tröpfchen von $^1/_{4000}$ Millimeter Durchmesser bestände, also die Zusammensetzung eines äußerst feinen Gewebes hätte, keines der bis jetzt konstruierten Mikroskope uns in stand setzen würde, auch nur eine Spur dieser Struktur zu sehen. Wir könnten keinen bestimmten Nachweis derselben erhalten.

46. Vermutungen oder Hypothesen; ihre Anwendungen und ihr Wert.

Wenn die Mittel zur Beobachtung von natürlichen Thatsachen nicht ausreichen, um uns über einen gewissen Punkt hinaus zu führen, so ist es vollständig

Digitized by Google

erlaubt und oft außerordentlich nützlich, eine Vermutung aufzustellen über das, was wir wohl sehen würden, wenn wir die unmittelbare Beobachtung noch einen Schritt weiterführen könnten. Eine derartige Vermutung nennen wir Hypothese, und der Wert jeder Hypothese hängt davon ab, in wie weit uns das Nachdenken über die Vermutung, daß sie wahr ist, in stand setzt die Erscheinungen, auf die sie sich bezieht, zu erklären oder über dieselben Rechenschaft zu geben.

Wenn z. B. eine Person dicht hinter uns steht und wir plötzlich einen Schlag auf dem Rücken fühlen, so haben wir keinen sicheren Beweis für die Ursache des Schlags, und wären wir beide allein, so könnten wir auch keinen erhalten; wir vermuten jedoch sofort, daß diese Person uns geschlagen hat. Dies ist nun eine Hypothese und zwar eine rechtmäßige Hypothese, weil sie erstens die Thatsache erklärt und weil zweitens keine andere Erklärung wahrscheinlich ist; wahrscheinlich nämlich in Übereinstimmung mit dem gewöhnlichen Lauf der Natur. Würde unser Gefährte erklären, man bilde sich nur ein, den Schlag gefühlt zu haben, oder daß uns ein unsichtbarer Geist geschlagen hätte, so würden wir wahrscheinlich verweigern, diese Erklärung der Thatsache anzunehmen. Wir würden sagen, daß beide Hypothesen, durch welche er das Phänomen zu erklären vorgiebt, außerordentlich unwahrscheinlich sind, oder mit andern Worten, daß im gewöhnlichen Naturverlauf weder solche Einbildungen vorkommen, noch auch Geister Schläge ausführen. Seine Hypothesen würden thatsächlich unrichtig und unsere richtig

Digitized by Google

sein und aller Wahrscheinlichkeit nach würden wir nach unserer handeln. Im täglichen Leben beruhen neun zehntel unserer Handlungen auf Vermutungen oder Hypothesen, und unser Erfolg oder Mißerfolg in praktischen Dingen hängt von der Richtigkeit dieser Hypothesen ab. Wir glauben einem Mann auf die Hypothese hin, daß er stets wahrhaftig ist; wir geben ihm Kredit, auf die Hypothese hin, daß er zahlungsfähig ist.

So erfindet jedermann Hypothesen, oder ist vielmehr gezwungen, sie zu erfinden, um Phänomene, für deren Ursachen er keinen unmittelbaren Beweis finden kann, zu erklären; diese Hypothesen sind in der Wissenschaft gerade so nötig und berechtigt, wie im gewöhnlichen Leben. Nur muß der wissenschaftliche Denker im Auge behalten, was im täglichen Leben oft vergessen wird, daß man eine Hypothese als Mittel und nicht als Zweck ansehen muß; daß wir sie schätzen dürfen, so lang sie uns behilflich ist, die Naturordnung zu erklären, daß wir sie aber ohne Zögern fallen lassen müssen, sobald sie sich mit einem Teile dieser Ordnung unvereinbar zeigt.

48. Die Hypothese, daß Wasser aus gesonderten Partikeln (Molekülen) besteht.

Es ist gezeigt worden, daß wir, selbst wenn das Wasser aus gesonderten Teilchen besteht, diese Teilchen nicht wahrnehmen können und wenig Hoffnung vorhanden ist, daß wir jemals so weit gelangen. Wir sind aber vollständig zu der Vermutung berechtigt,

Digitized by Google

daß Wasser aus solchen Teilchen besteht, wenn diese Hypothese uns in den Stand setzt, die Eigenschaften des Wassers zu erklären.

Nehmen wir an, daß eine beliebige Menge flüssigen Wassers wirklich aus einer erheblichen Anzahl von Partikeln besteht, die weniger (und wahrscheinlich viel weniger) als $^1/_{40000}$ bis $^1/_{50000}$ eines Millimeters im Durchmesser haben. Wir können diese Partikeln Moleküle[1]) nennen.

Wir sind, in Übereinstimmung mit den allgemeinen Eigenschaften der Materie (§ 18) berechtigt, zu vermuten, daß diese Moleküle darnach streben, sich einander zu nähern. Aber die Thatsache, daß Wasser sich um ein geringes zusammenpressen läßt, rechtfertigt die Annahme, daß seine Moleküle nicht sich wirklich berühren, sondern durch Zwischenräume getrennt sind, gerade wie die Stäubchen in der Luft eines staubigen Zimmers so getrennt sind. Was hält nun die Moleküle von einander getrennt? Wir haben gesehen, daß ein großer, mechanischer Druck sie nur ganz wenig einander nähert; es muß also ein gleich starker Widerstand irgend welcher Art vorhanden sein, der sie von einander hält. Dieser Widerstand muß denselben Ursprung haben, wie die uns als Wärme bekannte Empfindung; denn wir haben gesehen, daß Verminderung von Wärme den Umfang des Wassers vermindert, d. h. den Molekülen erlaubt, näher zusammen zu rücken, oder ihr Streben, sich von einander entfernt

[1]) Diminutiv von moles—Masse.

Digitized by Google

zu halten, vermindert. Vermehrung der Wärme vergrößert anderseits das Volumen des Wassers, sie treibt die Moleküle weiter auseinander oder vermehrt ihr Streben, sich von einander entfernt zu halten.

Nehmen wir an, wir nennen die Ursache für das Streben der Moleküle des Wassers, zusammen zu kommen, eine Anziehungskraft und die Ursache ihres Auseinanderhaltens, die sich uns als eine Empfindung von Wärme darthut und aller Wahrscheinlichkeit nach eine rapide vibrierende oder wirbelnde Bewegung der Moleküle ist, eine Abstoßungskraft; im flüssigen Zustande sind diese Kräfte so ausgeglichen, daß sich die Moleküle frei bewegen können und doch zusammenhalten. Durch Steigerung der Wärme wird die Abstoßungskraft vergrößert, bis die Moleküle nach allen Richtungen hin ungefähr zwölfmal weiter von einander entfernt sind, als sie vorher waren, während die Anziehungskraft überwältigt ist und die Moleküle sich nach allen Richtungen hin fortbewegen, sobald sie nicht zusammengehalten werden. Anderseits wird durch Beseitigung der Wärme die Abstoßungskraft vermindert, bis die Moleküle nicht mehr trennbar sind und das Wasser die feste Gestalt annimmt.

Es ist möglich, daß die Ausdehnung von flüssigem Wasser, bei einer Temperatur von unter 4 Grad, darauf beruht, daß die Moleküle, wenn sie sich einander nähern, eine besondere Ordnung einnehmen. Wenn sechzehn Männer so in einen Zug geordnet sind, daß sie je vier eine Reihe bilden und jeder Mann von dem andern einen halben Meter entfernt steht, so

Digitized by Google

können sie auch näher zusammen stehen und dennoch ein hohles Viereck bilden, welches größeren Raum einnimmt. Daß die Moleküle des Wassers eine besondere Anordnung einnehmen, wenn sie in den festen Zustand übergehen, zeigt sich in der kristallartigen Form des Eises. Jeder Kristall des Reifes verdankt seine Gestalt der Anordnung seiner Moleküle nach einem bestimmten geometrischen Muster.

So ist die Hypothese, daß Wasser aus gesonderten Molekülen besteht, nützlich; denn sie hilft uns, die Eigenschaften des Wassers bis zu einem gewissen Punkte zu erklären. Und wenn wir erst Physik studieren und die Gesetze der Bewegung lernen, so werden wir erfahren, daß durch Beobachtung und Versuch eine unendliche Zahl von Wahrheiten aufgestellt wird, welche durch diese Hypothese erklärt werden. Wir können sie also ruhig annehmen und anwenden als ein Mittel, uns die Ordnung der Natur vorzustellen, so lange keine Thatsachen entdeckt werden, die damit im Widerspruche stehen.

49. Jede Materie ist wahrscheinlich entweder aus Molekülen oder aus Atomen zusammengesetzt.

Dieselben Gründe, welche zur Annahme der Hypothese führen, daß Wasser aus gesonderten Teilchen zusammengesetzt ist, berechtigt die Anwendung dieser Hypothese auf jede Form von Materie. Man kann z. B. annehmen, daß das Metall Quecksilber aus gesonderten Teilchen Queckſilbers von winziger Größe zusammengesetzt ist, und daß je nach der Temperatur

Digitized by Google

sich dieselben zu der festen (gefrorenes Queckſilber), flüſſigen (gewöhnliches Queckſilber) oder gaſigen (Queckſilberdampf) Form anordnen. Welcher Behandlung wir auch das reine Queckſilber unterwerfen mögen, wir können nichts als Queckſilber dadurch erhalten. Die Teilchen des Queckſilbers ſind nie zerlegt worden. Daher nennt man ſie gewöhnlich Atome oder Teilchen, die nicht mehr geteilt werden können, und man nennt Queckſilber ein Element, weil es aus keinen anderen Subſtanzen zuſammengeſetzt iſt.

Dies iſt ein Fall, bei dem es von großem Nutzen iſt, zwiſchen Thatſache und Hypotheſe zu unterſcheiden. Die Thatſache iſt, daß bis auf den heutigen Tag noch niemand im ſtande geweſen iſt, aus reinem Queckſilber etwas anderes als reines Queckſilber zu erhalten. Die Annahme, daß Queckſilber eine einfache Subſtanz iſt und darum nie in andere Subſtanzen zerteilt werden kann, iſt eine Hypotheſe, welche künftige Beobachtungen und Verſuche beſtätigen oder nicht beſtätigen können.

Vor etwa hundertundfünfzig Jahren wurde allgemein geglaubt, daß Waſſer ein Element ſei, wie Queckſilber. Jetzt weiß man aber recht wohl, daß Waſſer eine Zuſammenſetzung iſt. Wie ſchon geſagt wurde, können die Teilchen des Waſſers leicht geteilt oder zerlegt werden (auf welche Weiſe, lernen wir in der Chemie) und zwar in zwei genau unterſchiedene Subſtanzen, Sauerſtoff und Waſſerſtoff, die bei allen bekannten Temperaturen gasartig ſind, obgleich ſie in letzter Zeit durch Verbindung von mächtigem

Digitized by Google

Drucke mit außerordentlicher Kälte flüssig gemacht worden sind. Jedes dieser Gase besteht unserer Hypothese gemäß aus Teilchen, und da dieselben durch keine bekannten Mittel noch weiter zerteilt werden können, so betrachtet man sie gleich denen des Quecksilbers als Atome.

Von neun Gewichtsteilen reinen Wassers kommen immer acht auf Sauerstoff und einer auf Wasserstoff. Das hypothetische kleinste Teilchen oder das Molekül von Wasser muß daher aus Atomen von Sauerstoff und Wasserstoff bestehen, welche dieses relative Gewicht besitzen, und die Chemiker haben Gründe, anzunehmen, daß in jedem Molekül Wasser ein Atom Wasserstoff und zwei Atome Sauerstoff vorkommen. Wenn sich das so verhält, so muß die Zusammensetzung des Wassers verwickelter sein, als wir anfangs dachten, und jedes Teilchen von Wasser (das Molekül) muß ein aus drei verschiedenen Atomen zusammengesetztes System sein.

50. Elementare Körper werden in der Natur weder vernichtet, noch wird ihre Masse vermehrt.

Wir haben gesehen, daß wenn ein Kubikzentimeter Wasser durch Einwirkung der Wärme sich verflüchtigt, er doch nicht vernichtet wird, sondern einfach seine Gestalt aus einer flüssigen in die gasartige umwandelt, während sein Gewicht unverändert bleibt. Wird derselbe Kubikzentimeter Wasser in Sauerstoff und Wasserstoff zersetzt, so ist das Wasser als solches allerdings vernichtet, die Materie, aus der es bestand, bleibt

Digitized by Google

aber im Gewicht unverändert. Wenn das Waſſer ein Gramm wog, ſo wird der Sauerſtoff $^8/_9$ Gramm und der Waſſerſtoff $^1/_9$ Gramm wiegen. Und keine menſchliche Gewalt iſt im ſtande geweſen, an dem Gewicht eines dieſer beiden Gaſe etwas zu ändern. So viel wir wiſſen, behalten elementare oder einfache Körper ihr Gewicht unter allen Umſtänden und können dadurch immer nachgewieſen werden, was für eine Form ſie auch annehmen. Wenn dies wahr iſt, ſo folgt daraus, daß in der Naturordnung die Materie unzerſtörbar iſt: die Quantität derſelben nimmt weder ab noch zu.

Hieraus folgt, daß Naturgegenſtände und künſtliche Gegenſtände ſich in einer Beziehung gleichen. Von beiden iſt es wahr, daß die Materie, aus der ſie beſtehen, niemals zerſtört wird und niemals zunimmt, und darum beſteht die Ordnung der Ereigniſſe in der Natur ebenſo ſehr in dem Zuſammenfügen und Trennen von natürlichen Körpern durch natürliche Einwirkungen, als die Ordnung der Ereigniſſe in der künſtlichen Welt im Zuſammenfügen und Trennen von natürlichen Körpern durch künſtliche Beihilfe.

51. Einfache Miſchung.

Auf welche Weiſe das Waſſer in ſeine Elemente zerteilt oder zerlegt werden kann, lehrt uns das Elementarbuch der Chemie. Als Einführung in das Studium dieſer Wiſſenſchaft iſt es aber nützlich, einige einfache am Waſſer veranſchaulichte Beiſpiele von Zuſammenſetzung und Zerlegung zu betrachten.

Digitized by Google

Wenn ein halber Liter Waſſer durch Hinzufügen von etwas Tinte gefärbt und mit einem halben Liter reinen Waſſers zuſammengeſchüttet wird, ſo vermiſchen ſich die beiden Mengen ganz leicht. Die ganze Waſſermenge iſt nun ein Liter und ſeine Färbung wird gerade halb ſo dunkel, als die des gefärbten halben Liters ſein. Dies iſt ein Beiſpiel von einfacher Miſchung. Das Volumen der Miſchung iſt der Summe der Volumina der gemiſchten Dinge gleich und in den Eigenſchaften dieſer Dinge findet keine Veränderung ſtatt. Wenn Waſſer verdampft, ſo miſcht ſich das gasartige Waſſer oder der Dampf auf dieſelbe Weiſe mit der Luft, die Moleküle des einen Körpers zerſtreuen ſich unter die Moleküle des andern, bis überall dieſelbe Menge von jedem vorhanden iſt. In derſelben Weiſe können (und leider geſchieht es oft) Sand und Zucker gemiſcht werden, ohne daß eine Veränderung in den Eigenſchaften des einzelnen Körpers eintritt oder in dem Raum, den ſie urſprünglich einnahmen.

Waſſer und Öl hingegen vermiſchen ſich nicht, ſoviel wir ſie auch unter einander rühren; das Öl, als leichterer Körper, ſteigt zur Oberfläche, ſobald die Flüſſigkeit ruhig iſt. Ebenſo wenig vermiſchen ſich Queckſilber und Waſſer, aber das Queckſilber, welches viel ſchwerer als Waſſer iſt, fällt auf den Boden des Gefäßes, in das die beiden gethan wurden. Auch Sand und Eiſenfeilſpäne vermiſchen ſich nicht mit Waſſer und fallen als ſchwere Gegenſtände zu Boden. Selbſt pulveriſiertes Eis miſcht ſich nicht mit Eis-

Digitized by Google

wasser, trotzdem es nur Wasser in anderer Gestalt ist; als leichterer Körper schwimmt es an der Oberfläche.

52. Mischung, deren Folge eine Zunahme von Dichtigkeit ist. Alkohol und Wasser.

Starker Spiritus oder Alkohol ist eine klare, durchsichtige Flüssigkeit, welche wie Wasser aussieht, aber eine ganz andere Substanz ist. Er kocht z. B. bei einer viel niedrigeren Temperatur, brennt mit einer blauen Flamme, hat berauschende Eigenschaften und ist, gleich dem Öl, viel leichter, als Wasser. Wenn also gefärbter Spiritus vorsichtig auf die Oberfläche von Wasser gegossen wird, so bleibt er auf dem Wasser. Nehmen wir ein großes geeichtes Glas, das in zehn gleiche Teile eingeteilt ist. Füllen wir die fünf unteren Teile mit Wasser und gießen dann vorsichtig gefärbten Alkohol darauf, bis das zehnte Zeichen erreicht ist, dann haben wir unten fünf Volumen Wasser und darüber eine gleiche Menge nämlich fünf Volumen gefärbten Alkohol. Wo die beiden in Berührung kommen, wird die Färbung eine kleine Strecke weit in das Wasser übergehen, aber gar nicht weit und es zeigt sich, daß nur eine geringe Mischung stattfindet. Dies ist jedoch nicht, weil sich die beiden Flüssigkeiten schwer mischen; denn schon durch geringes Umrühren vermischen sie sich gänzlich, und wir haben eine Flüssigkeit, deren Färbung ungefähr halb so kräftig ist, als die des Alkohols, und von welcher viele Eigenschaften die Mitte halten zwischen denen von reinem Alkohol und reinem Wasser.

Digitized by Google

Bis jetzt scheint nichts weiter, als eine einfache Mischung stattgefunden zu haben, gerade so, als ob man dem reinen Wasser gefärbtes Wasser hinzugefügt hätte; in Wahrheit ist aber mehr vorgegangen. Erstens ist die Mischung um ein gutes Teil wärmer, als jeder ihrer Bestandteile, d. h. es ist Wärme hervorgebracht worden.

Zweitens steht die Flüssigkeit, wenn wir sie nach dem Abkühlen messen, nicht mehr an dem zehnten Zeichen, sondern merklich niedriger; etwa bei neun und drei viertel. Da das Volumen der Mischung geringer ist, als die Summe der Volumina der beiden Bestandteile, so folgt hieraus, daß die Dichtigkeit der Mischung größer sein muß, als eine Dichtigkeit, welche zwischen der des Wassers und der des Alkohols die Mitte hält. Mit andern Worten, die Moleküle der Mischung nehmen nicht mehr so viel Raum ein, als sie brauchten, so lange sie noch abgesondert waren. Das Resultat ist dasselbe, als ob zehn Volumen so zusammengepreßt worden wären, bis sie nur noch neun und drei viertel einnähmen, so daß die Wirkung eine Zusammenziehung ist, der ähnlich, welche durch Entziehung von Wärme von der Mischung erreicht worden wäre. Wie wir sehen, giebt die Mischung thatsächlich eine Quantität Wärme ab.

Auch noch in anderer Beziehung ist die Mischung ihren beiden Bestandteilen unähnlich. Sie siedet und gefriert bei weit niedrigerer Temperatur als Wasser und bei höherer Temperatur, als Alkohol. Reinen Alkohol hat man überhaupt noch

Digitized by Google

nicht zum Gefrieren gebracht. Wenn die Moleküle des Alkohols einfach zwischen denen des Wassers verteilt wären, wie Wasser zwischen feuchtem Sand verteilt ist, so müßten sie bei derselben Temperatur in den gasartigen Zustand übergehen, bei welcher Alkohol siedet, und es würde sehr leicht sein, Alkohol vom Wasser durch Destillation zu trennen. Es verhält sich aber nicht so; Alkohol kann vom Wasser nicht durch Destillation geschieden werden, wenn nicht etwas, wie ungelöschter Kalk, beigefügt wird, welcher Wasser stark anzieht und es zurückhält, wenn die Flüssigkeit erhitzt wird.

So entsteht, wenn man Wasser und Alkohol mischt, daraus nicht eine bloße Mischung, deren Eigenschaften bekannt sind, wenn wir die Eigenschaften ihrer Bestandteile kennen, sondern wirklich ein neuer Körper, in welchem die Moleküle des Wassers und diejenigen des Alkohols sich bis zu einem gewissen Grade beeinflussen und die vorherbestehenden Eigenschaften eines jeden abändern.

Diese Wirkung verschiedener Körper auf einander wird noch klarer, wenn Wasser mit gewissen festen Körpern in Berührung gebracht wird.

53. Lösung: Wasser löst Salz auf.

Schüttet man einen Löffel Salz in ein Glas Wasser und rührt es ordentlich um, so verschwindet das Salz schnell vor unsern Blicken, und nach einiger Zeit ist das Wasser, soweit der Gesichtssinn uns lehrt, wieder im ursprünglichen Zustande. Wenn jedoch das Wasser

Digitized by Google

vorher fünfzig Gramm und das Salz zwanzig Gramm wog, so wiegt das Wasser im Glas jetzt siebzig Gramm; das Wasser wird nun nach Salz schmecken; man sagt, das Salz ist *aufgelöst* und die Auflösung heißt *Sole*. Überdies sagen wir von der Lösung, daß sie *gesättigt* ist; denn wenn wir mehr Salz hineinthun, bleibt das Salz unverändert. Wasser löst nämlich nur zwei fünftel seines Gewichtes an Salz auf und nicht mehr. Wird die so erhaltene Sole in eine flache Schüssel gegossen, so daß das Wasser verdunsten kann, oder erhitzt man die Sole, daß das Wasser verdampft, so geht eine Menge von Salz, zwei fünfteln des verdunsteten Wassers gleich, wieder in den festen Zustand über und fällt, sobald alles Wasser verdampft ist, auf den Boden des Gefäßes. Ist alles Wasser verdunstet, so hat das zurückgebliebene Salz genau dasselbe Gewicht und alle übrigen Eigenschaften, die es hatte, ehe es vom Wasser aufgelöst wurde.

So hat also die Berührung mit dem Wasser auf das Salz eine sehr merkwürdige Wirkung. Es scheint, als ob sie eine der Eigenschaften des Salzes, nämlich seine *Festigkeit*, verändert, alle andern jedoch unverändert gelassen hätte. Wir lernten soeben, daß pulverisiertes Eis sich nicht mit eiskaltem Wasser vermischt, sondern daß die Eisstückchen fest bleiben. Sowie aber die Temperatur steigt, hört die *Kohäsion*, oder das Zusammenhalten der Moleküle, welches das besondere Merkzeichen des festen Zustandes ist, auf; sie werden locker, können sich frei bewegen und vermischen sich mit dem sie umgebenden Wasser. Oder

Digitized by Google

wir können auch sagen, daß die Bande, welche die Moleküle zusammenhalten, aufgelöst worden sind, so daß das feste Wasser flüssig wird.

Die Ähnlichkeit dieses Vorganges mit dem der Auflösung von Salz in Wasser ist so augenscheinlich, daß man im gewöhnlichen Leben oft sagt, ein Stück Salz oder Zucker zerschmilzt im Wasser; versuchen wir jedoch, Salz durch Wärme flüssig zu machen, so müssen wir es einem hohen Grade aussetzen, so daß die Verwandlung von festem Salz in flüssiges durch Auflösung in kaltem Wasser offenbar ein ganz anderer Vorgang ist, als Flüssigwerden durch Hitze. Nichtsdestoweniger ist der Erfolg, soweit die Beschaffenheit des Salzes in Betracht kommt, derselbe. Die Kohäsion zwischen den Molekülen ist aufgehoben und sie verteilen sich gleichmäßig unter die Moleküle des Wassers, gleichwie die Moleküle des Dampfes sich unter die Moleküle der Luft verteilen. Beim Studium der Chemie wird uns durch einen Versuch bewiesen werden, daß der kleinste Tropfen Salzlösung im Verhältnis genau so viel Salz enthält, als die ganze Lösung.

Läßt man Sole langsam verdampfen, so formen sich die Moleküle des Salzes, während das Wasser entweicht, zu prachtvollen, regelmäßigen, würfelförmigen Kristallen. Man kann dieses Formen leicht genug sehen, wenn man dem allmählichen Trocknen eines Tropfens Sole unter einem Mikroskope zusieht. Die Salzkristalle enthalten nichts als Salz. Werden dieselben rotglühend gemacht, so gehen sie in den flüssigen

Digitized by Google

Zuſtand über; bei noch ſtärkerer Erhitzung wird das flüſſige Salz zu Dampf oder Gas und geht als ſolches in die Luft über oder verflüchtigt ſich.

Wir ſehen alſo, daß wenn Salz und Waſſer mit einander in Berührung gebracht werden, das Salz einen gewiſſen Grad von Umwandlung durchmacht, während das Waſſer auch nicht gänzlich unverändert bleibt. Denn Sole ſiedet nicht mehr bei 100 Grad, ſondern braucht eine viel höhere Temperatur. Das Salz hält ſo zu ſagen das Waſſer zurück und verhindert es, unter denſelben Bedingungen in den gasartigen Zuſtand überzugehen, als wenn es rein wäre, gerade wie im vorhergegangenen Beiſpiele das Waſſer den Alkohol zurückhielt. Oder wir können auch ſagen, daß die Kraft der Wärme, welche bei der Dampfbildung die Moleküle des flüſſigen Waſſers auseinandertreibt, einen größeren Widerſtand zu überwinden hat, wenn in dem Waſſer Salz aufgelöſt iſt. Und ebenſo, wie das Vorhandenſein von Alkohol den Gefrierpunkt des Waſſers, mit dem es vermiſcht iſt, erniedrigt, ſo erniedrigt auch Salz den Gefrierpunkt des Waſſers. Seewaſſer, das ſchwach ſalzhaltig iſt, beginnt bei ungefähr 2—3 Grad unter 0 Grad zu gefrieren, und das ſich bildende Eis iſt ganz ſalzfrei, während das übrige Seewaſſer an Salzgehalt zunimmt.

Wenn wir unter Anziehungskraft dasjenige verſtehen, was ſich jeder auf Trennung von Körpern gerichteten Kraft widerſetzt, ſo können wir ſagen, daß die Moleküle des Salzes und die des Waſſers

Digitized by Google

einander anziehen. Und solche Anziehung zwischen den Molekülen von verschiedenartigen Materien nennt man chemische Anziehungskraft.

54. Ungelöschter Kalk und Wasser: Gips und Wasser: Verbindung.

Ungelöschter Kalk ist eine Substanz, welche gewonnen wird, wenn man Kreide oder Kalkstein bis zum Rotglühen erhitzt. Im reinen Zustande ist er eine weiße, harte, feste Masse, die nur bei außerordentlich hoher Temperatur in den flüssigen oder gasartigen Zustand übergeht. Legt man ein Stück frischen, ungelöschten Kalk in eine Untertasse und gießt ungefähr ein drittel seines Gewichtes Wasser darüber, so kommt große Bewegung in die Masse, es entwickelt sich Wärme, das Wasser verschwindet und der Kalk wird zu einem feinen, weißen Pulver. Dieses Verfahren nennen die Maurer Kalk löschen. Ist nicht mehr, als die vorher erwähnte Menge Wasser zugegossen worden, so ist das zurückbleibende weiße Pulver ganz trocken, da das Wasser, allem Anschein nach, verschwunden ist.

Bei der Auflösung von Salz sahen wir eine feste Masse unter dem Einfluß von Wasser flüssig werden; bei dem Löschen von Kalk geht das flüssige Wasser in den Bau eines festen Körpers über. Wird mehr Wasser hinzugefügt, so löst sich diese feste Masse auf oder wird flüssig, wie es mit dem Salz geschah, und diese Flüssigkeit nennt man Kalkwasser. Durch sorgfältig ausgeführte Verdunstung des Kalkwassers

Digitized by Google

kann der Kalk in Form von Kristallen wieder gewonnen werden, sowie auch das Salz wiedergewonnen wurde. Jedoch mit dem Unterschied, daß die Salzkristalle kein Wasser enthalten, während die Kalkkristalle nicht nur überhaupt Wasser enthalten, sondern im Verhältnis genau dieselbe Menge, wie im gelöschten Kalk, d. h. 18 Teile Wasser auf 56 Teile Kalk.

Das auf solche Weise mit dem Kalk zu einer neuen festen Masse verbundene Wasser haftet so fest am Kalk, daß eine Glühhitze nötig ist, um die beiden wieder zu trennen. Man sagt von dem Kalk und Wasser, daß sie chemisch verbunden sind, und da das Verhältnis von Kalk und Wasser im gelöschten Kalk und in den Kalkkristallen immer dasselbe ist, so sagt man, sie sind in bestimmten Verhältnissen verbunden und der gelöschte Kalk bekommt den besonderen Namen Kalkhydrat.

Gips ist ein trockenes, weißes Pulver. Vermischt man ihn mit etwas Wasser, so wird er nicht, gleich dem Kalk, gelöscht, sondern die Mischung trocknet oder wird hart und zu gleicher Zeit verschwindet der größere Teil des Wassers. Er hat sich mit dem Gips verbunden und bildet einen Teil eines andern Hydrates, in welchem, wenn die überflüssige Feuchtigkeit trocknet, keine Spur von Wasser zu sehen ist. Aus dieser Eigenschaft wird Vorteil gezogen, wenn man den Gips zu Abgüssen und Formen benutzt. Der flüssige Gips wird über und um den abzuformenden Körper gegossen; als eine Flüssigkeit schmiegt er sich

Digitized by Google

allen Unebenheiten der Oberfläche des Gegenstandes genau an, und wenn er geronnen ist, behält er die so erworbene Form. Geronnener Gips mag vollkommen trocken sein, enthält aber trotzdem zwischen $^1/_7$ und $^1/_5$ seines Gewichtes Wasser, das gebunden ist und einen wesentlichen Teil des festen Hydrates bildet. Wenn der geronnene Gips stark erhitzt wird, wird das gebundene Wasser herausgetrieben und kehrt in seinen ursprünglichen Zustand zurück.

Gips wird in der Natur in großen Mengen gefunden in der Gestalt von prachtvollen, durchsichtigen Kristallen, Selenit genannt. Diese Kristalle sind ebenso zusammengesetzt, wie der erhärtete Gips, d. h. sie sind Hydrate. Betrachtet man einen dünnen Schnitt eines solchen Kristalles durch ein vorzügliches Mikroskop, so erscheint derselbe ganz gleichmäßig. Trotzdem sind genug Gründe für den Schluß vorhanden, daß der Kristall aus Molekülen von Wasser und Molekülen von Gips besteht, die so fest aneinander haften, daß sie eine harte, zerbrechliche, glasartige Masse bilden. Überdies halten die Moleküle des Hydrates selbst nach einigen Richtungen hin fester zusammen, als nach anderen. Es ist sehr leicht, Kristalle der Länge nach zu spalten, während viel mehr Kraft dazu gehört, sie der Quere nach zu schneiden, und dann spalten sie sich nicht, sondern zerbrechen.

Glaubersalz und Bittersalz sind andere Beispiele von festen Körpern, die sich in Wasser auflösen, in die kristallinische Form übergehen, wenn das Wasser verdunstet und welche, gleich ungelöschtem Kalk und

Digitized by Google

Gips, sich mit einer bestimmten Menge von Wasser verbinden, um kristallinische Zusammensetzungen zu bilden. Jeder dieser gasartigen, zerbrechlichen Körper enthält thatsächlich mehr Wasser, als die Hälfte seines Gewichts beträgt.

So sehen wir, daß zwei Körper, von denen Wasser der eine ist, sich zu etwas verbinden können, was von jedem verschieden ist. Und auf diese Weise werden wir der Wissenschaft der Chemie zugeführt, welche uns genau sagt, wie Körper sich zusammensetzen, was aus ihren Zusammensetzungen entsteht und wie Zusammensetzungen in ihre Bestandteile zerlegt werden können.

55. Mineralische Körper können bestimmte Formen annehmen und durch Hinzufügung von ähnlichen Teilen wachsen oder an Größe zunehmen.

Wasser und alle übrigen, bisher erwähnten Naturkörper sind sogenannte mineralische Körper, obgleich im gewöhnlichen Sinne der Ausdruck Mineral nur für Gold und Metalle gebraucht wird. Wir hatten wiederholt Gelegenheit zu bemerken, daß unter bestimmten Verhältnissen nicht nur Wasser, sondern viele andere mineralische Körper, regelmäßige Formen annehmen. Das am nächsten liegende Beispiel ist die herrliche Nachahmung von Blattwerk, welche das sich auf Fensterscheiben bildende Eis hervorbringt. Wir haben aber auch gesehen, daß gewöhnliches Salz, Kalk, Gips, Glaubersalz und Bittersalz ebenso die kristallinische Form annehmen, wenn sie oder ihre

Digitized by Google

Zusammensetzungen mit Wasser aus ihren Auflösungen abgesetzt werden. Läßt man einen Tropfen einer Lösung von Glaubersalz oder Salpeter unter dem Mikroskop verdunsten, so stellt sich ein wunderschöner Vorgang dar. Wenn das Salz in den festen Zustand übergeht, so erscheinen die Kristalle plötzlich im Gesichtsfelde als Nadeln und Plättchen, zu schönen Mustern zusammengefügt, die mit denen des Reifes wetteifern, trotzdem sie ganz verschieden von ihnen sind. Wie man beim Studium der Mineralogie lernt, besitzt thatsächlich jede kristallisierbare Substanz ihre eigenen kristallinischen Formen und weicht nie von gewissen, fest verwandten geometrischen Figuren ab.

Ein Kristall von jeder dieser Substanzen wird unter den richtigen Bedingungen wachsen. Hängt man einen Kristall von gewöhnlichem Salz an einem Faden in eine gesättigte Salzlösung, welche der Luft ausgesetzt ist, so daß das Wasser langsam verdunsten kann, dann setzen sich die Moleküle des Salzes, das zurückgelassen wird und nicht länger aufgelöst bleiben kann, an dem Kristall in regelmäßiger Ordnung an, und so wächst dessen Größe, ohne daß sich die Form verändert. Auf diese Weise kann der Kristall zu bedeutender Größe wachsen. Die großen Kristalle von Kandiszucker, welche aus Zucker und Wasser bestehen, die aus starkem Sirup oder einer gesättigten Zuckerlösung abgesetzt sind, wachsen in derselben Weise an Fäden, die in dem verdunstenden Sirup ausgespannt sind. Bei dieser Art von Wachstum sehen wir, daß die Vergrößerung durch Hinzufügung an

Digitized by Google

die Außenseite des wachsenden Körpers vor sich geht, und daß ferner die Materie, welche hinzugefügt wird, nämlich das Salz oder der Zucker, schon als Salz in der Sole, oder als Zucker im Sirup vorhanden ist

B. Lebende Körper.

56. Die Weizenpflanze und die Substanzen, aus denen sie zusammengesetzt ist.

Jedermann hat schon ein Getreidefeld gesehen. Reißen wir zur Erntezeit eine der zahlreichen Weizenpflanzen aus, die im Boden des Feldes festgewachsen sind, so finden wir, daß sie aus einem Stengel besteht, der an einem Ende in einer Wurzel und am andern in einer Ähre endet und daß Blättchen an dem Stengel befestigt sind. Die Ähre enthält eine Menge von länglichen Körnern, welche die Samen der Weizenpflanze sind. Wir wissen, daß diese Samen, nachdem sie von den Hülsen befreit sind, in Mühlen zu feinem Pulver gemahlen werden, und daß dieses Pulver das Mehl ist, aus welchem Brot bereitet wird. Mischt man eine Hand voll Mehl mit etwas kaltem Wasser, bindet es in einen groben Leinensack, hängt den Sack dann in ein großes Gefäß voll Wasser und knetet es recht mit den Händen, so wird es teigig, während das Wasser weiß wird. Gießt man dieses Wasser in ein anderes Gefäß und setzt das Kneten in reinem Wasser fort, so geschieht dasselbe. Wird das Verfahren wiederholt, so wird der Teig immer klebriger, während das Wasser weniger weiß wird und

Digitized by Google

schließlich farblos bleibt. Die so gewonnene klebrige Substanz heißt Kleber; im Handel ist sie als Makkaroni bekannt.

Wenn man das Wasser, in dem das Mehl gewaschen worden ist, einige Stunden stehen läßt, so findet man auf dem Boden des Gefäßes einen weißen Satz, während die Flüssigkeit darüber ganz klar ist und abgegossen werden kann. Dieser weiße Bodensatz besteht aus winzigen Stärkekörnchen, und wenn man sie durch das Mikroskop betrachtet, so erscheint jedes aus feinen, konzentrischen Platten bestehend. Kocht man die Flüssigkeit, aus welcher die Stärke abgesetzt wurde, so wird sie trübe, gerade so, als wenn man Wasser kocht, in welchem Eiweiß ist und schließlich sammelt sich eine weißliche, klumpenförmige Substanz auf dem Boden des Gefäßes. Diese Substanz nennt man Pflanzeneiweiß.

Außer dem Eiweiß, dem Kleber und der Stärke sind noch andere Substanzen in dem Weizenkorn enthalten, über welche uns diese oberflächliche Art von Analyse keinen Aufschluß giebt. Z. B. enthält das Weizenkorn noch eine holzartige Substanz, Cellulose und eine gewisse Menge von Zucker und Fett. Man könnte eine dem Eiweiß, der Stärke, der Cellulose und den zucker- oder fettartigen Materien ähnliche Substanz erhalten, wenn man den Stengel, die Blätter und die Wurzeln auf gleiche Weise behandelte, die Cellulose würde jedoch sehr vorherrschen. Stroh, das aus dem trockenen Stengel und den Blättern der Weizenpflanze besteht, ist fast ganz aus Cellulose

Digitized by Google

zusammengesetzt. Außerdem enthält es jedoch noch eine gewisse Menge mineralischer Körper, u. a. reinen Kiesel, und wenn wir jemals Gelegenheit haben sollten, eine Getreidescheune verbrennen zu sehen, so können wir mehr oder weniger große Mengen dieses Kiesels in glasartigem Zustande in der Asche finden. In der lebenden Pflanze sind alle diese Körper mit einer großen Menge Wassers vereinigt oder in dieser Flüssigkeit aufgelöst und enthalten. Die verhältnismäßige Menge des Wassers ist im Stengel und in den Blättern weit größer als im Samen.

57. Das Huhn und die Substanzen, aus denen es zusammengesetzt ist.

Wir haben alle schon ein Huhn gesehen. Es ist ein lebhaftes Wesen, das umherläuft und manchmal fliegt. Es hat einen mit Federn bedeckten Körper, welcher mit zwei Flügeln und zwei Beinen versehen ist und an einem Ende in einen Hals ausläuft, derselbe endet in einem Kopfe mit einem Schnabel, zwischen dessen beiden Teilen der Mund liegt. Die Henne legt Eier, von denen jedes in eine harte Schale eingeschlossen ist. Der Inhalt des Eies besteht aus dem farblosen „Eiweiß" und dem gelben „Eidotter." Erhitzt man das Eiweiß allein in Wasser, so wird es trübe und bildet eine weiße, feste Masse, die dem Pflanzeneiweiß sehr ähnlich ist und tierisches Eiweiß genannt wird.

Schlägt man das Eidotter mit Wasser, so wird keine Stärke oder Cellulose daraus gewonnen, sondern

Digitized by Google

eine fettige und etwas zuckerartige Materie, außerdem noch dem Eiweiß und Kleber mehr oder weniger ähnelnde Substanzen.

Die Federn bestehen hauptsächlich aus Hornsubstanz; hat man sie ausgerupft und kocht den Körper eine lange Zeit, so findet man, daß das Wasser eine Menge Gelatine enthält, die beim Erkalten sich zu einem Gelee erhärtet; der Körper wird in Stücke fallen und das Fleisch und die Knochen trennen sich von einander. Die Knochen bestehen fast ganz aus einer Substanz, welche Gelatine ausscheidet, wenn man sie in Wasser kocht, und die mit Kalksalzen gesättigt ist, gerade so wie das Holz des Weizenstengels mit Kiesel gesättigt ist. Das Fleisch hingegen enthält Eiweiß und einige andere Substanzen, welche dem Eiweiß sehr ähnlich sind und Faserstoff oder Fibrin und Syntonin genannt werden.

Im lebenden Vogel sind alle diese Körper mit einer großen Menge von Wasser vermischt, oder sie sind in Wasser aufgelöst, und es darf nicht vergessen werden, daß es noch verschiedene andere Bestandteile des Huhnes oder Hühnereies giebt, die nicht erwähnt wurden, weil sie augenblicklich nicht von Wichtigkeit sind.

58. Gewisse Bestandteile des Körpers sind in der Weizenpflanze und in dem Huhn sehr ähnlich.

Die Weizenpflanze enthält weder Hornsubstanz noch Gelatine, und das Huhn enthält weder Stärke noch Cellulose; das Pflanzeneiweiß ähnelt jedoch dem tieri-

Digitized by Google

schen Eiweiß sehr, und das Fibrin und Syntonin des Tieres sind dem Eiweiß und dem Kleber nahe verwandt.

Daß zwischen allen diesen Körpern eine große Ähnlichkeit besteht, ist schon aus der Thatsache ersichtlich, daß wenn einer derselben stark erhitzt wird oder verfault, er denselben unangenehmen Geruch ausströmt, und sorgfältige chemische Analysen haben gezeigt, daß sie thatsächlich alle aus denselben Elementen, Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff, zusammengesetzt sind, die fast alle in denselben Verhältnissen verbunden sind. Man kann wirklich Holzkohle, welche unreiner Kohlenstoff ist, erhalten, wenn man eine Handvoll Weizenkörner oder ein Stück Hühnerfleisch in einem Gefäße stark erhitzt, das luftdicht verschlossen ist, so daß das Korn oder Fleisch nicht verbrennen kann. Wäre das Gefäß ein Destillierkolben, so daß die Erzeugnisse dieser sogenannten zerstörenden Destillation verdichtet und gesammelt werden könnten, so würden wir Wasser und Ammoniak in ein oder der andern Gestalt im Sammelgefäße finden.

Ammoniak ist eine Zusammensetzung der beiden Elemente Stickstoff und Wasserstoff; daher (§ 50) muß sowohl Stickstoff als Wasserstoff in den Körpern, aus denen er gewonnen wurde, enthalten gewesen sein.

Es ist sicher, daß ganz ähnliche, stickstoffhaltige Zusammensetzungen einen großen Teil der Körper des Huhnes und der Weizenpflanze bilden, und diese Substanzen werden Proteïne genannt.

Digitized by Google

59. Die Proteïnsubstanzen kommen in der Natur nur in Tieren und Pflanzen vor, und Tiere und Pflanzen enthalten immer Proteïn.

Es ist eine sehr bemerkenswerte Thatsache, daß solche Substanzen, wie Eiweiß, Kleber, Fibrin und Syntonin nicht ausschließlich nur als von Tieren und Pflanzen herstammende Produkte bekannt sind, sondern daß jedes Tier und jede Pflanze zu allen Zeiten ihrer Existenz, ein oder das andere derselben enthält, trotzdem daß in andern Hinsichten die Zusammensetzung von lebenden Körpern endlos wechseln kann. Z. B. enthalten manche Pflanzen weder Stärke noch Cellulose, während sich diese Substanzen in manchen Tieren finden, und viele Tiere enthalten keine Hornsubstanz oder keine Substanz, welche Gelatine ausscheidet, so daß also allem Anscheine nach die wesentliche Grundsubstanz sowohl vom Tier, als von der Pflanze das Proteïn verbunden mit Wasser ist; obgleich es möglich ist, daß diese in allen Tieren und Pflanzen mit mehr oder weniger fettigen und amyloiden (oder stärke- und zuckerhaltigen) Substanzen und mit ganz geringen Mengen gewisser Mineralkörper verbunden sind, von denen Phosphor, Eisen, Kalk und Kali die wichtigsten zu sein scheinen.

Es giebt also eine Substanz, die aus Wasser + Proteïnen + Fett + Stärke + Mineralsubstanzen besteht und in allen Pflanzen und Tieren gefunden wird, und wenn dieselben lebendig sind, wird diese Substanz Protoplasma genannt.

Digitized by Google

60. Was bedeutet das Wort: Lebend oder lebendig?

Man sagt von der Weizenpflanze im Felde, daß sie ein lebender Körper ist; das im Hofe umherlaufende Huhn heißt auch ein lebender Körper. Reißt man die Pflanze aus und giebt man der Henne einen Schlag auf den Kopf, so sterben sie bald und werden tote Körper. Sowohl das Huhn, als auch die Weizenpflanze bestehen, wie wir gesehen haben, aus denselben Elementen, die auch in der Zusammensetzung von Mineralsubstanzen vorkommen, welche jedoch zu Verbindungen zusammengesetzt werden, die es in der Mineralwelt nicht giebt. Warum unterscheiden wir dann aber diese Materie als lebende Materie, wenn sie die Gestalt einer Weizenpflanze oder eines Huhnes annimmt?

61. Die lebende Pflanze nimmt an Größe zu, indem sie den Substanzen, aus welchen sie besteht, dieselben Substanzen hinzufügt; diese werden jedoch nicht von außen empfangen, sondern in dem Körper der Pflanze aus einfacheren Materien zubereitet.

Im Frühling ist ein Weizenfeld mit kleinen grünen Pflanzen bedeckt. Diese wachsen und wachsen, bis sie viele Male so groß sind, als sie anfänglich waren, und sie bringen die Blüten hervor, die sich später in Weizenähren verwandeln.

Soweit dies ein Vorgang von Wachstum, verbunden mit der Annahme einer bestimmten Form ist, könnte derselbe mit dem Wachstum eines Salzkristalles in der Sole verglichen werden; bei genauerer Unter-

Digitized by Google

ſuchung zeigt ſich jedoch etwas ganz anderes. Der Salzkriſtall wächſt, indem er von dem in der Sole enthaltenen Salz nimmt und es ſeinen Außenflächen anſetzt; die Pflanze hingegen wächſt durch Anſätze an ihrem Innern und es findet ſich keine Spur der bezeichnendſten Zuſammenſetzungen des Pflanzenkörpers, Eiweiß, Kleber, Stärke, Celluloſe oder Fett in der Erde, im Waſſer oder in der Luft.

Dennoch erſchafft die Pflanze nichts (§ 50) und darum muß die Materie der Proteïne, ſtärkeartigen Subſtanzen und Fette, welche ſie enthält, ihr zugeführt werden; dieſe wird dann im Pflanzenkörper einfach verarbeitet oder in neuer Weiſe verbunden.

Man kann leicht ſehen, was im allgemeinen das Rohmaterial iſt, welches die Pflanze verarbeitet; denn ſie empfängt nichts, als die ihr von der Atmoſphäre und der Erde zugeführten Subſtanzen. Die Atmoſphäre enthält Sauerſtoff und Stickſtoff, etwas Kohlenſäure, eine ganz geringe Menge von Kali und eine wechſelnde Menge von Waſſer. Die Erde enthält Lehm und Sand (Kieſel), Kalk, Eiſen, Kali, Phosphor, Schwefel, Ammoniakſalze und andere Stoffe, die unwichtig ſind. So enthalten der Erdboden und die Luft alle elementaren Körper, welche wir in der Pflanze finden, die Pflanze hat ſie jedoch zu trennen und aufs neue zu vereinigen. Überdies wird die neue Materie, durch deren Hinzufügung die Pflanze wächſt, nicht der Außenfläche angeſetzt, ſondern im Innern verarbeitet und die neuen Moleküle werden zwiſchen die alten eingefügt.

Digitized by Google

62. Die lebende Pflanze sondert, nachdem sie ausgewachsen ist, einen Teil ihrer Substanz als Samen ab, der die Fähigkeit besitzt, sich zu einer ähnlichen Pflanze zu entwickeln.

Das Weizenkorn ist ein Teil der Blüte der Weizenpflanze, welcher, wenn er reif ist, leicht von derselben getrennt werden kann. Es enthält den Keim einer Pflanze und wenn es gesät wird, wächst derselbe allmählich oder *entwickelt* sich zu der vollkommenen Pflanze mit ihren Wurzeln, Stengeln, Blättern und Blüten, welche wieder ähnliche Samen hervorbringen. Kein mineralischer Körper durchläuft eine regelmäßige Reihe von Wechseln, von Gestalt und Größe und sondert dann einen Teil seiner Substanz ab, die denselben Weg einschlägt. Mineralische Körper weisen keine solche *Entwicklung* auf und sondern keine Samen oder *Keime* ab. Sie bringen nicht Körper ihrer Art hervor.

63. Das lebende Tier nimmt an Größe zu, indem es den Substanzen, aus welchen sein Körper besteht, ähnliche Substanzen beifügt; dieselben werden jedoch hauptsächlich unmittelbar von anderen Tieren oder Pflanzen genommen.

Das Huhn im Hofe pickt unaufhörlich und verschluckt bald ein Getreidekorn, bald eine Fliege oder einen Wurm. Es nährt sich und würde, wie jedermann weiß, bald sterben, wenn es nicht mit Nahrung versehen würde. Es ist auch allgemein bekannt, daß es von sehr geringem Wert sein würde, dem Huhn die Erde eines Kornfeldes mit reichlicher Luft und Wasser

Digitized by Google

zu essen zu geben. In dieser Beziehung ist das Huhn allen andern Tieren gleich; es kann die Proteïnsubstanzen seines Körpers nicht selbst zubereiten, sondern muß sie fertig bekommen oder wenigstens durch Verschlingen von Tierkörpern oder Pflanzen in einem Zustand, welcher nur eine leichte Umänderung verlangt.

Die tierischen Substanzen oder Pflanzenstoffe, die das Huhn verschlingt, gelangen in seinen Magen; dort werden sie verdaut oder aufgelöst und so zur Verteilung nach allen Teilen des Hühnerkörpers zubereitet, wo sie zur Erhaltung und zum Wachstum des Tieres benutzt werden.

64. Das lebende Tier sondert, nachdem es ausgewachsen ist, einen Teil seiner Substanz als Ei ab, das die Fähigkeit besitzt, sich zu einem ähnlichen Tiere zu entwickeln.

Das Hühnerei bildet sich im Körper der Henne; es ist ein in eine Schale eingeschlossener und von ihr abgelöster Teil ihres Körpers. Es enthält einen Keim eines Huhnes, und wenn es durch die daraufsitzende Henne oder auf andere Weise während drei Wochen in der richtigen Temperatur erhalten wird, so wächst dieser Keim oder entwickelt sich auf Kosten des Eiweißes und Eidotters zu einem kleinen Vogel, dem Küchlein, welches dann auskriecht und zu einem Huhn heranwächst. Das Tier wird also auf dieselbe Weise, wie die Pflanze, durch die Entwicklung eines Keimes hervorgebracht und in dieser Beziehung stimmen alle Pflanzen und Tiere überein und weichen von allen Mineralkörpern ab.

Digitized by Google

65. Lebende Körper weichen in ihrer wesentlichen Zusammensetzung, in der Art ihres Wachstums und in der Thatsache, daß sie aus Keimen entstehen, von den Mineralkörpern ab.

Es besteht also ein sehr weiter Unterschied zwischen mineralischer Materie und lebender Materie. Die Elemente der lebenden Materie sind dieselben wie die der Mineralkörper, und die Grundgesetze der Materie und Bewegung beziehen sich ebenso sehr auf lebende als auf mineralische Materie; jeder lebendige Körper ist aber ein verwickelter Mechanismus, der nur unter gewissen Bedingungen „geht" oder lebt. Der im Hühnerei enthaltene Keim bedarf nichts als Zufuhr von Wärme, um in gewissen engen Grenzen der Temperatur die Moleküle des Eies zum Hühnerkörper aufzubauen. Und der Vorgang der Entwicklung des Eies, gleich der des Samens, ist entweder mehr oder weniger geheimnisvoll, als der Vorgang, demgemäß sich die Moleküle des zum Gefrierpunkt abgekühlten Wassers zu regelmäßigen Kristallen aufbauen.

Das weitere Studium der lebenden Körper führt in das Gebiet der Biologie, deren eine Abteilung Botanik, die Pflanzen, die andere, Zoologie, die Tiere behandelt.

Jede dieser Abteilungen hat Unterabteilungen, wie Morphologie, welche die Form, den Bau und die Entwicklung der lebenden Wesen behandelt, und Physiologie, welche deren Thätigkeiten oder Funktionen erklärt und andere mehr.

Digitized by Google

III. Unkörperliche Dinge.

66. Psychische Erscheinungen.

Materielle Körper sind entweder nicht lebend, d. h. Mineralkörper, oder sie sind lebende Körper. Jeder Körper, welcher Raum einnimmt, Widerstand leistet, Gewicht hat und Bewegung überträgt, gehört einem dieser beiden großen Gebiete der Natur an. Die Wissenschaften der Astronomie, Mineralogie, Physik und Chemie behandeln erstere, während die Biologie mit ihren beiden Abteilungen Zoologie und Botanik von letzteren handelt. Die Kenntnis von der Natur ist aber durch dieses Verzeichnis ihrer Hauptpunkte noch nicht erschöpft. Im ersten Abschnitte dieses Lehrbuches bot sich die Gelegenheit, zwischen Dingen, oder materiellen Gegenständen, und Empfindungen eine Grenze zu ziehen, und ein kurzes Nachdenken genügt, um uns zu überzeugen, daß Empfindungen nicht materielle Gegenstände sind. Ein Geruch nimmt weder Raum ein, noch hat er Gewicht, und von einem Kubikzentimeter Ton oder Helle zu sprechen, ist angesichts des Gegenstandes Unsinn. Man sagt, figürlich gesprochen, daß Vergnügen flüchtig ist, wir können uns aber das Vergnügen nicht als ein sich bewegendes Ding vorstellen.

Was wir Gemütsbewegung nennen, entbehrt auch aller Kennzeichen von materiellen Körpern. Von Liebe und Haß können wir nie denken, daß sie Gestalt, Gewicht oder lebende Kraft besitzen. Und wenn wir beim Überlegen denken, so fehlen unsern Ge-

Digitized by Google

danken ebenso alle Eigenschaften der materiellen Gegenstände.

Empfindungen, Gemütsbewegungen und Gedanken bilden also eine besondere Gruppe von Naturerscheinungen, psychisch (seelisch) genannt.

67. Die Gesetze der psychischen Erscheinungen: Psychologie.

In den seelischen Erscheinungen herrschen, gerade so wie unter den materiellen Naturerscheinungen, Gesetze; es giebt bei der einen Reihe ebenso wenig Zufälle oder Ereignisse ohne Ursache, wie bei der andern. Vielmehr besteht zwischen gewissen materiellen und gewissen seelischen Naturerscheinungen ein Zusammenhang von Ursache und Wirkung. So werden z. B. gewisse Empfindungen immer durch die Einwirkung von besonderen materiellen Körpern auf unsere Sinnesorgane hervorgebracht. Ein Nadelstich schmerzt uns, Federn fühlen sich weich an, Kreide sieht weiß aus und so fort. Das Studium der seelischen Naturerscheinungen, der Ordnung, in der sie auf einander folgen und der Verwandtschaft von Ursache und Wirkung, welche zwischen seelischen und materiellen Naturerscheinungen besteht, ist das Gebiet der Psychologie.

Alle Naturerscheinungen sind entweder körperlich oder unkörperlich, physisch oder psychisch und alle Wissenschaft beruht auf der Kenntnis einer oder der anderen dieser Gruppen von Naturgegenständen und von den zwischen ihnen herrschenden Beziehungen.

Digitized by Google

Digitized by Google

Demnächst erscheint in vollständig umgearbeiteter, verbesserter und vermehrter 2. Auflage:

Kurzes Lehrbuch

der physikalischen Geographie

von

A. Geikie,

Professor an der Universität Edinburg.

Autorisierte deutsche Ausgabe

von

Professor Dr. **Bruno Weigand.**

Mit 79 Holzschnitten, 5 Tafeln und 13 Karten. 8°. XII. ca. 400 S., geheftet ca. M. 4.—, in Leinwand gebunden ca. M. 4.50.

„Geikies Darstellungskunst ist groß; er schreibt klar, gründlich und populär zugleich. Jeder Lehrer, der sich über die genannten teilweise recht schwierigen Gebiete rasch orientieren will, behufs des eigenen Unterrichts, sei es in Geographie oder Physik, kann kaum ein ratsameres Hülfsbuch zur Hand nehmen."

Prof. Kirchhoff, in der Zeitschr. f. Gymnasial-Wesen. 1881. XI.

Geikies Elementary Lessons in physical Geography, die 1878 erschienen sind, haben den Zweck, durch einfache, methodische und fesselnde Beschreibung der Erdoberfläche in die Naturwissenschaften einzuführen und so die physikalische Geographie zu einem wertvollen Erziehungsmittel zu erheben, wozu diese Wissenschaft im höchsten Maße befähigt ist. Und jedermann, der gern mit offenem Auge in die Natur hineinschaut, wird mit Freuden das Buch lesen; für die Jugend, in welcher erst für das Leben ringsher und namentlich für seine strenge und harmonische Gesetzmäßigkeit der Sinn geweckt werden soll, ist es in seiner Klarheit, Allseitigkeit strengwissenschaftlichen Begründung und doch leichten Faßlichkeit unschätzbar, und auch der Fachmann, wie der Referent gern von sich bekennt, liest dasselbe mit wirklichem Genuß und nicht ohne mannigfache Anregung.

In Deutschland ist der Sinn für die große Gesamtnatur, ihre Bewegungen und Gesetze noch keineswegs so ausgebildet, als man wünschen muß; denn nichts befreit mehr von „Philisternetzen" als dieser Sinn. Gerade deshalb sei das Buch ganz besonders empfohlen, namentlich als eine höchst anregende, pädagogisch wertvolle Lektüre für die Jugend. Keiner Schulbibliothek sollte dieses Werk fehlen, welches auch der Lehrer mit großem Nutzen gebrauchen wird.

Georg Gerland

in der Deutschen Litteraturzeitung 1881, Nr. 23.

Digitized by Google

Stanford University Libraries
3 6105 024 391 406

Stanford University Library
Stanford, California

In order that others may use this book, please return it as soon as possible, but not later than the date due.

Digitized by Google

Digitized by Google